

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-фізичний факультет**

**Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.М. Ямшинський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра**

з напрямку підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво

на тему: «Технологічний процес виготовлення виливка «Плита» та організація роботи плавильного відділення цеху великовантажних автомобілів»

Студент групи ФЛп71 Синяк Яків Вадимович \_\_\_\_\_  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник проекту д.т.н. Ямшинський М.М. \_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці к.т.н. Демчин Г.В. \_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з організаційно-економічної частини к.е.н., ст. викл. Нараєвський С.В. \_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з нормоконтролю к.т.н., доцент Федоров Г.Є. \_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Доній О.М. \_\_\_\_\_  
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.М. Ямшинський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»**

студенту Синяк Яків Вадимович

1. **Тема проекту** «Технологічний процес виготовлення виливка «Плита» та організація роботи плавильного відділення цеху великовантажних автомобілей» затверджена наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року № \_\_\_\_\_.
2. **Термін здачі** студентом закінченого проекту «\_\_» червня 2020 року
3. **Вихідні дані до проекту** 3.1 Потужність цеху – 17000 тон придатних виливків на рік; 3.2 Номенклатура виливків цеху сталевого литва заводу великовантажних автомобілів; 3.3 Деталь «Плита», матеріал – сталь 30Л, маса 86 кг.
4. **Перелік питань, які мають бути розроблені** 4.1 Аналіз виробничої програми; 4.2 Режим роботи і фонди часу; 4.3 Проектування плавильного відділення; 4.4 Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка; 4.5 Проектування ливарного устаткування; 4.6 Організацій-економічна частина проекту; 4.7 Охорона праці.
5. **Перелік графічного матеріалу** 5.1 Креслення плану плавильного відділення ливарного цеху; 5.2 Креслення литої деталі з елементами ливарної форми; 5.3 Креслення технологічної оснастки для виготовлення виливка; 5.4 Креслення ливарної форми в складеному вигляді; 5.5 Кресленик загального виду технологічного устаткування.

6. Консультанти (із зазначенням відповідних частин проекту)\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічна частина	к.е.н. Нараєвський С.В., ст. викладач		
Охорона праці	к.т.н. Демчин Г.В.		
Нормоконтроль	к.т.н Федоров Г.Є., доцент		

7. Дата видачі завдання «    » 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Завдання на проектування плавильного відділення	13.05 2020 р.	
2	Аналіз виробничої програми	16.05.2020 р.	
3	Проектування плавильного відділення	25.05.2020 р.	
4	Креслення плавильного відділення	28.05.2020 р.	
5	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	26.05.2020 р.	
6	Креслення деталі з елементами ливарної форми	27.05.2020 р.	
7	Креслення стрижневого ящика та модельної плити з моделлю верху	30.05.2020 р.	
8	Креслення ливарної форми в складеному вигляді	02.06.2020 р.	
9	Розрахунок технологічного устаткування	03.06.2020 р.	
10	Креслення технологічного устаткування	05.06.2020 р.	
11	Організаційно-економічна частина	09.06.2020 р.	
12	Охорона праці	09.06.2020 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Я.В. Синяк

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

М.М. Ямшинський

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

# ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4				Завдання на дипломний проект	1	
2	A4	ФЛп71.7104.1110.0000.ПЗ			Пояснювальна записка		
3	A1	ФЛп71.7104.1110.0001 ДП			Креслення плану плавильного відділення ливарного цеху	1	
4	A1	ФЛп71.7104.1110.0002 ДП			Креслення литої деталі з елементами ливарної форми	1	
5	A1	ФЛп71.7104.1110.0003 ДП			Креслення стрижневого ящика та модельної плити з моделлю верху	1	
6	A1	ФЛп71.7104.1110.0004 ДП			Креслення ливарної форми в складеному вигляді	1	
7	A1	ФЛп71.7104.1110.0005 ДП			Технологічне устаткування	1	

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: «Технологічний процес виготовлення виливка «Плита» та організація роботи плавильного відділення цеху великовантажних автомобілів»

---

Київ – 2020

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 94 сторінок, 42 таблиць, 11 рисунків, 10 посилань, 5 додатків.

Об'єкт проектування – розроблення схеми плавильного відділення та технологічного процесу виготовлення виливка з вуглецевої сталі «Плита» масою 86 кг литтям в піщано-глинясті форми.

Предмет проектування – технологія ливарної форми, організація роботи плавильного відділення.

Результати проектування – розроблена технологія ливарної форми, виконано технічне планування плавильного відділення та ливарного устаткування.

Результати проектування можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві дрібних (до 100 кг) сталевих виливків середньої складності в умовах великосерійного або масового виробництва.

У дипломному проекті також проведено основні розрахунки організаційно-економічних чинників, а також приділено увагу захисту навколишнього середовища та покращенню санітарно-гігієнічних умов робочого місця.

ІНДУКЦІЙНА ТИГЕЛЬНА ПІЧ ІСТ-2,5, МОДЕЛЬ, ПІЩАНО-ГЛИНЯСТА ФОРМА, ПЛИТА, СТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Разроб.		Синяк Я.В.						
Перев.		Ямшинський М. М.					6	94
						КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		
Н. Контр.		Федоров Г.Е.						
Затв.								

## ABSTRACT

The diploma project consists of 94 pages, 42 tables, 11 figures, 10 sources, 5 applications.

The object of design is the development of the scheme of the smelting department and the technological process of production a carbon steel casting "Plate" weighing 86 kg by casting in sand-clay molds.

The subject of design is the technology of the mold, the organization of the smelting department.

The results of the design – the technology of the mold is developed, the technical planning of the melting department and foundry equipment is performed.

The design results can be recommended for implementation in the production of small (up to 100 kg) steel castings of medium complexity in terms of large-scale or mass production.

The diploma project also makes the main calculations of organizational and economic factors, as well as pays attention to environmental protection and improvement of sanitary and hygienic conditions of the workplace.

INDUCTION CRUISE OVEN ISC-2,5, MODEL, SAND-CLAY FORM,  
PLATE, STEEL, TECHNOLOGY OF MANUFACTURING CASTING

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT	Літ.	Аркуш	Аркушів
Разроб.	Синяк Я.В.						7	94
Перев.	Ямшинський М. М.							
Н. Контр.	Федоров Г.Е.					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		
Затв.								

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	11
ВСТУП .....	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	14
1.1 Річна виробнича програма.....	14
1.2 Характеристика виробництва і вибір технологій виготовлення виливків	15
1.3 Структура ливарного цеху .....	19
2 РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ .....	21
3 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	24
3.1 Вибір технологічного процесу виплавлення сплаву та типу плавильного агрегату.....	24
3.2 Визначення кількості плавильних агрегатів.....	25
3.3 Складання відомості витрат шихтових матеріалів .....	28
3.4 Підготовка шихти і технологія плавлення сплавів, що виплавляються в цеху .....	29
3.4.1 Підготовка шихтових матеріалів.....	29
3.4.2 Технологія плавлення .....	29
3.5 Розрахунок парку ковшів .....	30
3.6 Розрахунок кількості енергетичних затрат.....	32
4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА .....	33
4.1 Обґрунтування розробленої технології .....	33
4.1.1 Загальна характеристика литої деталі .....	33
4.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливків.....	34

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ			
Разроб.		Синяк Я.В.						
Перев.		Ямшинський М.М.						
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затв.					КПІ ім. І. Сікорського,			
					Літ.			
					Аркуш			
					8			
					Аркуші			
					94			



4.1.3 Обґрунтування положення моделі у формі й вибір площини рознімання моделі і форми .....	35
4.1.4 Усадка виливка .....	36
4.1.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка .....	36
4.1.6 Зображення та позначення стрижнів.....	37
4.2 Вибір типу та розрахунок розмірів опок .....	38
4.2.1 Розрахунок розмірів опок .....	38
4.2.2 Характеристика вибраних опок .....	41
4.3 Розрахунок ливникової системи .....	41
4.3.1 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу в форму .....	41
4.3.2 Розрахунок площ усіх елементів .....	42
4.3.3 Розрахунок лінійних розмірів всіх елементів ливникової системи .....	44
4.4 Формувальні та стрижневі суміші.....	46
4.4.1 Обґрунтування вибору складу сумішей .....	46
4.4.2 Рецептатура та властивості суміші .....	47
4.4.3 Методи запобігання утворення пригару .....	48
4.4.4 Технологія приготування сумішей та фарб .....	49
4.5 Характеристика модельного комплекту .....	50
4.5.1 Обґрунтування вибраного матеріалу .....	50
4.5.2 Склад модельного комплекту .....	50
4.5.3 Особливості конструкції моделі .....	51
4.5.4 Галтелі, знаки, марки фарб і колір фарбування моделей .....	51
4.6 Опис технології виготовлення виливка .....	52
4.6.1 Порядок виконання операцій при виготовленні півформ .....	52
4.6.2 Кількість і вид пристрою для витягування моделі із півформи .....	53
4.6.3 Устаткування та інструменти .....	53
4.6.4 Технологія виготовлення стрижнів .....	54
4.6.5 Складання форми .....	54
4.6.6 Технологія заливання форми та термічне оброблення виливки .....	55

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6.7 Технологія вибивання форм .....	55
4.6.8 Можливі дефекти вилівка .....	56
4.6.9 Техніко-економічні показники .....	56
4.6.10 Основні правила техніки безпеки .....	58
5 ПРОЕКТУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОЇ ТИГЕЛЬНОЇ ПЕЧІ .....	59
5.1 Розраховування вузла індукційної тигельної печі .....	60
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	62
6.1 Організаційна частина .....	62
6.1.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників плавильного відділення.....	62
6.1.2 Визначенням фондів заробітної плати.....	64
6.1.3 Розрахунок продуктивності праці .....	66
6.2 Економічна частина .....	67
6.2.1 Розрахунок капітальних вкладень .....	67
6.2.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	70
6.2.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення .....	74
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	78
7.1 Загальна характеристика умов праці у плавильному відділенні.....	79
7.2 Відповідність вимогам об'єму і площі на одного працівника та розташування технологічного обладнання.....	80
7.3 Оцінка потенційних небезпек і шкідливих факторів .....	81
7.3.1 Мікроклімат плавильного відділення .....	81
7.3.2 Аналіз джерел ураження електричним струмом.....	83
7.3.3 Хімічні фактори.....	84
7.4 Висновок до розділу.....	85
ВИСНОВКИ.....	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	87
ДОДАТКИ.....	89

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ІСТ – індукційна сталеплавильна піч;

мм – міліметр;

см – сантиметр;

град – градус;

кг – кілограм ;

Н – ньютон ;

т – час;

с – секунда;

т – тонна;

шт. – штука;

хв. – хвилина;

Рис. – рисунок;

Табл. – таблиця;

Од. – одиниця;

ТЕП – техніко-економічні показники;

ДСТУ – Державний стандарт України;

ГОСТ – Міждержавний стандарт.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Синяк Я.В.			ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Ямшинський М.М.					11	94
						КПІ ім. І. Сікорського,		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затв.								

## ВСТУП

Ливарне виробництво є одним із основних способів одержання металевих деталей для різних галузей промисловості. Литі заготовки за розмірами і конфігурацією найбільшою мірою наближаються до готових деталей, а обсяг їхнього механічного оброблення менший, ніж заготовок, одержуваних іншими методами. Литтям можна виготовляти вироби з різних сплавів та будь-яких габаритів, складності і маси за порівняно короткий час з досить високими механічними й експлуатаційними властивостями.

Так як ливарне виробництво присутнє майже всюди та складає вагомую частину всієї промисловості, то воно потребує частого вдосконалення технологічної частини, аби залишатись на своєму рівні.

Важливим є виробництво виливків у масовому виробництві та застосування для виробництва потокових методів виготовлення виливків. Розвиток ливарного виробництва створює нові чинники для наукових досягнень та активного підвищення наукового рівня країни, тому актуально є впровадження і проектування сучасних ливарних цехів з новими і удосконаленими обладнанням і технологіями.

У даному дипломному проєкті розглядається цех сталевого литва заводу великовантажних автомобілів. Вихідними даними для роботи є: номенклатура виливків; потужність – 17000 тон придатних виливків на рік; максимальна маса виливків – 100 кг; література.

За характером виробництва цех відноситься до масового, з номенклатурою виливків до 50 одиниць. Виливки виготовляються із сталі марок 30Л, 35Л та 45Л.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ						
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							
Разроб.		Синяк Я.В.			ВСТУП			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перев.		Ямшинський М. М.								12	94
Н. Контр.		Федоров Г.Е.						КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ			
Затв.											

Данна робота розкриває такі актуальні питання як, проектування ливарного цеху великовантажних автомобілів, розроблення технології виготовлення вилівка «Плита» із матеріалу 30Л масою 86 кг, враховуючи конструкторські вимоги до деталі та її експлуатаційні характеристики, вибір оптимального та продуктивного устаткування .

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

## 1.1 Річна виробнича програма

Для виконання річної програми випуску литва в цеху необхідно виготовити певну кількість виробів. Для цеху, який проектується, кількість виробів визначаємо за формулою (1.1):

$$N = \frac{\Pi}{\sum m_i}, \quad (1.1)$$

де  $N$  – кількість виробів на рік;

П – потужність ливарного цеху:  $P = 17000000$  кг;

$\sum m_i$  – маса всіх деталей, яка необхідна для виготовлення  $i$ -го виробу, кг.

$$K = \frac{17000000}{740,1} = 22\,969 \text{ виробів на рік.}$$

За даними табл. 1.1 і виконаного розрахунку річної кількості виливків кожного найменування складаємо точну виробничу програму ливарного цеху [3].

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс	Код Деталі	Найменуван ня деталі	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Кількість дет. на 1 виріб, шт	Розміри, мм			Маса деталей у виробі, кг	Кількість виробів на 1 рік, шт.	Режим ТО
						Довжина	Ширина	Висота			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ФЛ710401	Барабан 1	30Л	27,9	1	1000	800	200	27,9	22969	
2	ФЛ710402	Барабан 2	30Л	27,8	3	1500	600	300	83,4	68907	
3	ФЛ710403	Вушко	35Л	2,9	3	150	90	60	8,7	68907	
4	ФЛ710404	Накладка 1	35Л	0,9	3	50	30	20	2,7	68907	
5	ФЛ710405	Опора 1	45Л	6,5	2	330	195	130	13	45938	
6	ФЛ710406	Опора 2	45Л	6,5	3	325	195	130	19,5	68907	

					ФЛП71.7104.1110.0000 ПЗ								
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата									
Разроб.		Синяк Я.В.			АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Перев.		Ямшинський М.М.									14	94	
Н. Контр.		Федоров Г.Е.							КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ				
Затв.													

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	ФЛ710407	Кронштейн 1	35Л	2,7	1	135	80	50	2,7	22969	Нормалізація при $t = 860 \dots 880 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Відпуск $t = 600 \dots 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$
8	ФЛ710408	Кронштейн 2	35Л	3,9	1	200	120	78	3,9	22969	
9	ФЛ710409	Кронштейн 3	35Л	39	7	1950	1170	780	273	160783	
10	ФЛ710410	Кронштейн 4	35Л	4,5	1	225	135	90	4,5	22969	
11	ФЛ710411	Кронштейн 5	35Л	4,2	1	210	126	84	4,2	22969	
12	ФЛ710412	Корпус 1	35Л	2,8	1	140	84	56	2,8	22969	
13	ФЛ710413	Опора 3	45Л	29	4	1450	870	580	116	91876	
14	ФЛ710414	Кришка 1	35Л	4,2	1	210	126	84	4,2	22969	
15	ФЛ710415	Притиск	45Л	0,7	1	35	21	14	0,7	22969	
16	ФЛ710416	Вилка	45Л	7,6	1	380	228	152	7,6	22969	
17	ФЛ710417	Коуш	45Л	23	1	1150	690	460	23	22969	
18	ФЛ710418	Клин коуша	45Л	0,3	1	15	9	6	0,3	22969	
19	ФЛ710419	Корпус 2	35Л	6	1	300	180	120	6	22969	
20	ФЛ710420	Обмежувач	45Л	5,2	1	260	156	104	5,2	22969	
21	ФЛ710421	Кронштейн 6	35Л	6	1	300	180	120	6	22969	
22	ФЛ710422	Кронштейн 7	35Л	6,2	1	310	186	124	6,2	22969	
23	ФЛ710423	Кронштейн 8	35Л	3,2	2	160	96	64	6,4	45938	
24	ФЛ710424	Кронштейн 9	35Л	1,9	3	95	57	38	5,7	68907	
25	ФЛ710425	Кронштейн 10	35Л	4,3	1	215	129	86	4,3	22969	
26	ФЛ710426	Кронштейн 11	35Л	4,8	1	240	144	96	4,8	22969	
27	ФЛ710427	Кришка 2	30Л	6,4	2	320	192	128	12,8	45938	
28	ФЛ710428	Супорт 1	45Л	12	2	600	360	240	24	45938	
29	ФЛ710429	Супорт 2	45Л	22,7	2	1135	681	454	45,4	45938	
30	ФЛ710430	Подушка	30Л	3,8	4	190	114	76	15,2	91876	
Всього				276,9	57				740,1	1309233	

## 1.2 Характеристика виробництва і вибір технологій виготовлення виливків

Основними параметрами вибору технологічного процесу і устаткування для виготовлення виливків є: характер виробництва, маса і габарити виливків, їх клас точності, матеріал, вид виробничої програми і потужність цеху [1].

Ливарний цех потужністю 17000 тон придатних виливків за рік відноситься до цехів масового виробництва, для яких номенклатура виливків

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

складає не більше за 40 найменувань, серійність не менше 1000 виробів на рік, і має масу виливків – від 0,3 кг до 100 кг.

Класифікація ливарного цеху:

- за родом ливарного сплаву – сталеливарний (сталі 30Л, 35Л та 45Л);
- за характером виробництва – масового виробництва;
- за ступенем механізації – механізований(автоматизований) цех;
- за масою виливків – цех дрібного литва (маса виливків менше 100 кг).

Основою для вибору технологічного процесу є маса виливків. Для цього всю номенклатуру литва розділяємо на 2 масові групи:

- 1) виливки масою до 10 кг;
- 2) маса виливка більше 10 кг.

Виходячи з вище наведеного, приймаємо, що в проектованому цеху виготовлення виливків відбувається методом лиття в сиру разову піщано-глинясту форму.

Із урахуванням характеру виробництва і обмеженої номенклатури виливків, проектування ливарного цеху здійснювалось з використанням точної виробничої програми, що показано в табл. 1.2.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 1.2 – Точна (подетальна) виробнича програма цеху

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал і марка	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
				деталі	Виливка			на основні вироби		на запасні частини			всього	
						шт.	кг	шт.	т	%	шт.	т	шт.	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	ФЛ710418	Клин коуша	45Л	0,3	0,3	1	0,3	20673	6,20	10	2296	0,69	22969	6,89
2	ФЛ710415	Притиск	45Л	0,6	0,7	1	0,7	20673	14,47	10	2296	1,61	22969	16,08
3	ФЛ710420	Обмежувач	45Л	4,4	5,2	1	5,2	20673	107,50	10	2296	11,94	22969	119,44
4	ФЛ710405	Опора 1	45Л	5,5	6,5	2	13	41345	268,74	10	4593	29,85	45938	298,60
5	ФЛ710406	Опора 2	45Л	5,5	6,5	3	19,5	62017	403,11	10	6890	44,79	68907	447,90
6	ФЛ710416	Вилка	45Л	6,5	7,6	1	7,6	20673	157,11	10	2296	17,45	22969	174,56
7	ФЛ710404	Накладка 1	35Л	0,8	0,9	3	2,7	62017	55,82	10	6890	6,20	68907	62,02
8	ФЛ710424	Кронштейн 9	35Л	1,6	1,9	3	5,7	62017	117,83	10	6890	13,09	68907	130,92
9	ФЛ710407	Кронштейн 1	35Л	2,3	2,7	1	2,7	20673	55,82	10	2296	6,20	22969	62,02
10	ФЛ710412	Корпус 1	35Л	2,4	2,8	1	2,8	20673	57,88	10	2296	6,43	22969	64,31
11	ФЛ710403	Вушко	35Л	2,5	2,9	3	8,7	62017	179,85	10	6890	19,98	68907	199,83
12	ФЛ710423	Кронштейн 8	35Л	2,7	3,2	2	6,4	41345	132,30	10	4593	14,70	45938	147,00
13	ФЛ710408	Кронштейн 2	35Л	3,3	3,9	1	3,9	20673	80,62	10	2296	8,95	22969	89,58
14	ФЛ710411	Кронштейн 5	35Л	3,6	4,2	1	4,2	20673	86,83	10	2296	9,64	22969	96,47
15	ФЛ710414	Кришка 1	35Л	3,6	4,2	1	4,2	20673	86,83	10	2296	9,64	22969	96,47
16	ФЛ710425	Кронштейн 10	35Л	3,7	4,3	1	4,3	20673	88,89	10	2296	9,87	22969	98,77
17	ФЛ710410	Кронштейн 4	35Л	3,8	4,5	1	4,5	20673	93,03	10	2296	10,33	22969	103,36
18	ФЛ710426	Кронштейн 11	35Л	4,1	4,8	1	4,8	20673	99,23	10	2296	11,02	22969	110,25
19	ФЛ710421	Кронштейн 6	35Л	5,1	6	1	6	20673	124,04	10	2296	13,78	22969	137,81
20	ФЛ710419	Корпус 2	35Л	5,1	6	1	6	20673	124,04	10	2296	13,78	22969	137,81
21	ФЛ710422	Кронштейн 7	35Л	5,3	6,2	1	6,2	20673	128,17	10	2296	14,24	22969	142,41

ФЛ71.7104.1110.0000 ПЗ

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
22	ФЛ710430	Подушка	30Л	3,2	3,8	4	15,2	82689	314,22	10	9187	34,91	91876	349,13
23	ФЛ710427	Кришка 2	30Л	5,4	6,4	2	12,8	41345	264,61	10	4593	29,40	45938	294,00
Всього 45Л, 35Л та 30Л до 10 кг (Група 1)							147,4							3385,63
24	ФЛ710428	Супорт 1	45Л	10,2	12	2	24	41345	496,14	10	4593	55,12	45938	551,26
25	ФЛ710429	Супорт 2	45Л	19,3	22,7	2	45,4	41345	938,53	10	4593	104,26	45938	1042,79
26	ФЛ710417	Коуш	45Л	19,6	23	1	23	20673	475,48	10	2296	52,81	22969	528,29
27	ФЛ710413	Опора 3	45Л	24,7	29	4	116	82689	2397,98	10	9187	266,42	91876	2664,40
28	ФЛ710409	Кронштейн 3	35Л	33,2	39	7	273	144705	5643,50	10	16078	627,04	160783	6270,54
29	ФЛ710402	Барабан 2	30Л	23,6	27,8	3	83,4	62017	1724,07	10	6890	191,54	68907	1915,61
30	ФЛ710401	Барабан 1	30Л	23,7	27,9	1	27,9	20673	576,78	10	2296	64,06	22969	640,84
Всього 45Л, 35Л та 30Л більше10 кг (Група 2)							592,7							13613,73
Всього 1 і 2 групи							740,1							16999,36

ФЛ71.7104.1110.0000 ПЗ

### 1.3 Структура ливарного цеху

За структурою цех великовантажних автомобілів складається із таких основних та допоміжних відділень і дільниць:

1) виробничі відділення:

- плавильне відділення;
- формувально-складально-заливально-вибивальне відділення;
- стрижневе відділення;
- сумішоприготувальне відділення;
- відділення фінішних операцій;
- відділення термічного оброблення;

2) допоміжні відділення та дільниці:

- ремонту та сушіння ковшів;
- ремонтно-механічні майстерні;
- цехові лабораторії;
- поновлення суміші;

3) склади:

- склад шихтових і формувальних матеріалів;
- модельної оснастки;
- готових виливків;

4) адміністративно-побутові приміщення.

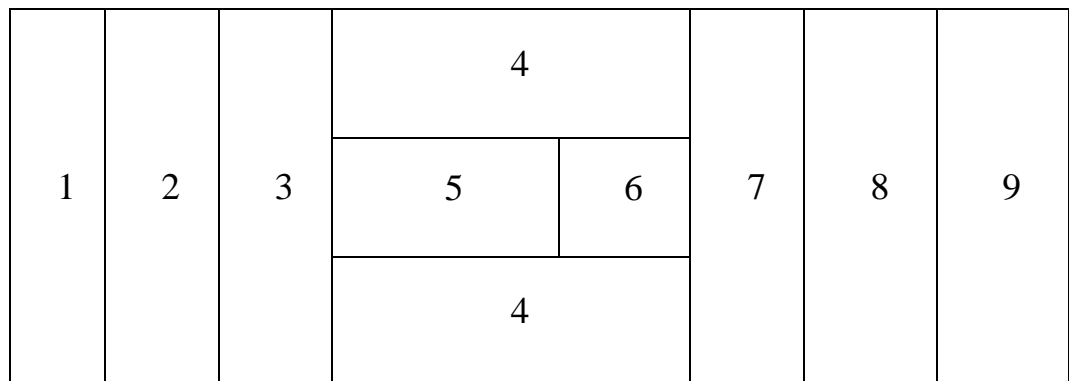
Ливарний цех відноситься до групи основних цехів підприємства.

Саме у ливарному цеху, починається технологічний процес виробництва деталей.

У проекті передбачена спеціалізація технологічного процесу шляхом створення окремих потоків для виготовлення однорідних груп виливків за масою, складності, родом металу і габаритними розмірами.

Схема компоновки відділень і дільниць ливарного цеху, що проектується, наведена на рис. 2.1

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – склад формувальних матеріалів; 2 – склад шихтових матеріалів; 3 – плавильне відділення; 4 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 5 – стрижневе відділення; 6 – сумішоприготувальне відділення; 7 – відділення фінішних операцій; 8 – склад готової продукції; 9 – адміністративно-побутові приміщення.

Рисунок 2.1 – Схема компонування ливарного цеху

Всі вихідні матеріали пісок, глина, сталевий і чавунний брухт, феросплави тощо в ливарний цех завозитимуть залізничним транспортом.

Із плавильного відділення рідкий метал транспортують у ковшах монорейковим краном або передавальним візком у формувальне відділення, де його розливають у форми. Готові виливки після охолодження і видалення із форм транспортують пластинчастим конвеєром у відділення фінішних операцій, де здійснюють операції видалення стрижнів, відокремлення елементів ливникових систем, обрубубування, очищення, термічного оброблення виливків, повторного очищення виливків та їх фарбування, а потім на склад готової продукції.

## 2 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху визначається виконанням операцій технологічного процесу виготовлення виливків у часі і просторі. Від прийнятого режиму роботи залежить організація виробничого процесу.

Найкращим режимом для масового виробництва є такий режим роботи, коли всі технологічні операції виконуються одночасно на різних виробничих дільницях. Найбільш оптимальним є двозмінний паралельний режим, у якому третя зміна відводиться для профілактики і ремонту устаткування.

Фактори, які обумовлюють вибір режиму роботи цеху: маса виливка (до 100 кг), потужність цеху (17000 тон придатних виробів на рік) тощо. Отже, у даному проекті приймаємо паралельний – двозмінний режим роботи .

Встановлюємо фонди часу роботи устаткування та робітників.

Календарний час роботи знаходимо за формулою (2.1):

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де  $\Phi_k$  – календарний час, год;

$P$  – річна кількість днів, дні;

$D$  – добова кількість годин, год.

Підставивши дані у формулу (2.1), розраховуємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу ( $\Phi_n$ ), визначається за формулою (2.2) шляхом віднімання від номінального фонду втрати часу на освоєння виробництва та непередбачувані втрати:

$$\Phi_n = C \cdot G, \quad (2.2)$$

де  $\Phi_n$  – номінальний фонд часу, год;

$C$  – кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ		
Разроб.		Синяк Я.В.					
Перев.		Ямшинський М.М.					
Н. Контр.		Федоров Г.Е.					
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						21	94
					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		

Г – кількість годин у залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин.

З урахуванням святкових і вихідних днів, приймаємо 250 робочих днів на рік. При двозмінному режимі роботи номінальний фонд роботи устаткування становить:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 \cdot 2 = 4000 \text{ год.}$$

Ще враховуємо незаплановані втрати. Вони становлять від 6 до 10 % на кожне відділення. У таблиці 3.1 позначаємо в дужках.

Дійсний фонд,  $\Phi_d$ , визначається шляхом віднімання від номінального фонду утрат часу на освоєння виробництва та непередбачуваних утрат.

Дійсний фонд розраховуємо за формулою:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \quad (2.3)$$

де  $\Phi_d$  – дійсний фонд, год;

$\Phi_n$  – номінальний фонд часу, год;

B – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати, год.

За умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневій відпустці дійсний фонд часу для робочих становить [3]:

$$\Phi_d = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год.}$$

Усі дані щодо режиму роботи цеху і фондів часу наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Режим роботи сталеливарного цеху та річний фонд часу

Індекс позичі	Найменування відділень цеху, дільниць; тип устаткування	Кількість робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу, год	
			устаткування	робітників
1	2	3	4	5
1	Плавильне відділення з дільницею приготування шихти	2	3720 (7%)	1840
2	Формувально-складально-заливально- вибивальне відділення	2	3600 (10%)	1840
3	Стрижневе відділення	2	3600 (10%)	1840
4	Сумішоприготувальне відділення з бункерами	2	3640 (9%)	1840

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
5	Відділення фінішних операцій: – діляниця видалення стрижнів; – відокремлення ливникової системи; – очищення і зачищення виливків.	2	3680 (8%)	1840
6	Відділення термічного оброблення	3	5400 (10%)	1840
7	Допоміжні відділення	2	3600 (10%)	1840

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

#### 3.1 Вибір технологічного процесу виплавлення сплаву та типу плавильного агрегату

Вихідними даними для проектування плавильного відділення є кількість рідкого металу кожної марки ливарних сплавів, яка необхідна для забезпечення річної виробничої програми.

Тип технологічного устаткування вибираємо, виходячи з особливостей прийнятого технологічного процесу і умов забезпечення заданої якості продукції. Перевагу віддаємо устаткуванню, що забезпечує найбільш високий рівень автоматизації виконання технологічного процесу [3].

У цеху, що проектується, будуть виплавлятися наступні марки сталей 30Л, 35Л та 45Л.

Плавильне відділення складається з двох основних ділянок: ділянки підготовки і дозування шихти та ділянки плавлення.

Сталі будемо виплавляти в індукційних печах промислової частоти. У них метали плавляться швидко, що забезпечується рівномірним розподілом температури і повним виключенням місцевих перегрівів, що дуже добре для масового виробництва та печі вони функціонують на повну силу навіть при перервах між плавками, при цьому можна легко переходити з однієї марки сплаву на іншу, що також потрібно, бо виробнича програма містить декілька марок сталей (30Л, 35Л та 45Л) [2, 3].

Футерівка для вуглецевих сталей – кисла.

Хімічний склад сталей за ГОСТ 977-88 наведено в таблиці 3.1.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ		
Разроб.		Синяк Я.В.					
Перев.		Ямшинський М.М.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є					
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						24	94
					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		



Таблиця 3.1 – Хімічний склад вуглецевих сталей

Марка	C	Mn	Si	S	P
30Л	0,27...0,35	0,45...0,90	0,20...0,52	<0,06	<0,06
35Л	0,32...0,40	0,45...0,90	0,20...0,52	<0,06	<0,06
45Л	0,37...0,45	0,45...0,90	0,20...0,52	<0,06	<0,06

Для визначення необхідної кількості рідкого металу складаємо баланс металу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Баланс металу

Індекс	Груповий потік, кг	Придатне литво		Ливники, зливи, брак		Рідкий метал		Угар та безповоротні втрати		Металозавалка		Клас шихти	Спосіб плавлення	Тип плавильного агрегату
		%	$\frac{m}{\text{рік}}$	%	$\frac{m}{\text{рік}}$	%	$\frac{m}{\text{рік}}$	%	$\frac{m}{\text{рік}}$	%	$\frac{m}{\text{рік}}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	30Л	60	643,13	34	385,9	94	1007,6	6	64,3	100	1071,9	1	Електроплавлення	ІСТ
2	35Л	60	1679,03	34	1007,4	94	2630,5	6	167,9	100	2798,4	1		
3	45Л	60	1063,46	34	638,1	94	1666,1	6	106,3	100	1772,4	1		
1 група, масою до 10 кг							5304,1				5654,7			
4	30Л	55	2556,45	39	1812,8	94	4369,2	6	278,9	100	4648,1	1	Електроплавлення	ІСТ
5	35Л	55	6270,54	39	4446,4	94	10716,9	6	684,1	100	11401,0	1		
6	45Л	55	4786,74	39	3394,2	94	8181,0	6	522,2	100	8703,2	1		
2 група, масою більше 10 кг							23267,1				24752,2			
<b>Всього</b>			<b>16999,36</b>		<b>11593,3</b>		<b>28571,2</b>		<b>1823,7</b>		<b>30406,9</b>			

### 3.2 Визначення кількості плавильних агрегатів

Використовуючи дані балансу металу, проводимо розрахунок годинної потреби рідкого металу за формулою:

$$Q = (B_p + B_{\text{вп}}) / \Phi_d, \text{ т/год} \quad (3.1)$$

де  $B_p$  – річна кількість металу по цеху, т;

$B_{\text{вп}}$  – річна кількість металу на власні потреби, т;

$\Phi_d$  – ефективний фонд часу плавильного агрегату, 3720 год.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ		Арк.
							25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Підставивши значення першого групового потоку у формулу (3.1), отримуємо:

$$Q_1 = (5654,7 + 565,47)/3720 = 1,67 \text{ т/год.}$$

Підставивши значення другого групового потоку у формулу (3.1), отримуємо:

$$Q_2 = (24752,2 + 2475,2)/3720 = 7,32 \text{ т/год.}$$

Користуючись отриманим значенням годинної потреби рідкого металу, розраховуємо місткість тигля плавильного агрегату, який забезпечить необхідну кількість рідкого металу за одну годину за формулою:

$$V = Q \cdot 2,5, \quad (3.2)$$

де  $Q$  – годинна потреба рідкого металу, т.

Підставивши отримані значення в формулу (3.2), отримуємо:

$$V_2 = 1,67 \cdot 2,5 = 4,17 \text{ т,}$$

$$V_3 = 7,32 \cdot 2,5 = 18,3 \text{ т.}$$

Для першого потоку обираємо піч ІСТ місткістю 2,5 т, а для другого групового потоку обираємо піч ІСТ місткістю 6 тон.

Використовуємо дані балансу металів та значення розрахунків робимо розрахунок кількості плавильних агрегатів на річну програму:

$$N = \frac{B_p \cdot K_n}{\Phi_d \cdot q} \quad (3.3)$$

Де  $N$  – кількість плавильних агрегатів на річну програму, шт.;

$B_p$  – річна кількість рідкого металу по цеху, т;

$K_n$  – коефіцієнт нерівномірності споживання металу, вибираємо  $K_n = 1,15$ ;

$\Phi_d$  – дійсний фонд часу плавильного агрегату, 3720 год;

$q$  – продуктивність плавильного агрегату, т/год.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши значення у формулу (4.3), отримаємо:

$$N_1 = ((5654,7 + 565,47) \cdot 1,15) / (3720 \cdot 1,75) = 0,99 \text{ шт.},$$

$$N_2 = ((24752,2 + 2475,22) \cdot 1,15) / (3720 \cdot 3) = 2,4 \text{ шт.}$$

Отже, для перший групового потоку встановлюємо 2 печі ІСТ 2,5, а для другого групового потоку – 3 шт. ІСТ 6,0.

Розрахуємо коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = \frac{V_p}{\Phi_d \cdot q \cdot N}, \quad (3.4)$$

де N – кількість прийнятого устаткування, шт.

Коефіцієнт завантаження для групових потоків знаходимо підставивши у формулу (4.4), отримуємо:

$$1) K_3 = 5654,7 \cdot 1,1 / (3720 \cdot 1,75 \cdot 2) = 0,5,$$

$$2) K_3 = 24752,2 \cdot 1,1 / (3720 \cdot 3 \cdot 3) = 0,78.$$

Розрахунок плавильних агрегатів зведено до таблиці 4.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок електропечей

Дільниця, поточні лінії	Марка сплаву	Потрібна кількість рідкого металу*, т	Тип печі	Місткість печі, т	Тривалість циклу плавлення, год	Середньо- годинна продуктивність, $\frac{т}{год}$	Кількість електропечей		Коефіцієнт завантаження, $K_3$
							розрахована	прийнята	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30Л 35Л 45Л	6220,2	ІСТ	2,5	2,38	1,75	0,99	2	0,5
2	30Л 35Л 45Л	27227,4		6	5,59	3,0	2,34	3	0,78

\* з урахуванням 10% на власні потреби

Характеристики вибраних плавильних агрегатів описано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики печей ІСТ 2,5 та ІСТ 6

Характеристики	ІСТ 2,5	ІСТ 6
Місткість тиглю, т	2,5	6
Продуктивність, т/год	1,75	3
Потужність печі, кВт	2000	2500
Частота струму генератора, Гц	500	500
Робоча температура металу, °С	1600	1650
Дійсна продуктивність печі, т/год	4	3,5
Маса металоконструкцій печі, т	15,4	28

## 3.3 Складання відомості витрат шихтових матеріалів

Необхідну кількість шихтових матеріалів розраховуємо та наводимо у таблиці 3.5 відповідно до кожної марки сплаву з повним використанням відходів та браку.

До складу шихти для виплавлення сталей входять такі компоненти: сталевий брухт, зворот власного виробництва, переробний чавун, а також обов'язкові розкислювачі – феросиліцій ФС45(вводяться в останній період плавлення в піч) та алюміній марки А88 (вводиться частково у піч, а частково у ківш у період його нагрівання перед заповненням рідкою сталлю).

Таблиця 3.5 – Річна потреба шихтових матеріалів для виплавлення вуглецевих сталей марок 30Л, 35Л, 45Л

№	Найменування матеріалів шихти	Марка сплаву						Всього	
		30Л		35Л		45Л			
		%	т	%	т	%	т	%	т
1	Зворот власного виробництва	36,5	2087,8	36,5	5182,8	36,5	3823,6	36,5	11094,2
2	Сталевий брухт	58	3317,6	57	8093,6	56	5866,3	57,0	17277,6
3	Чавун переробний	4,2	240,2	5,2	738,4	6,2	649,5	5,2	1628,1
5	Феросиліцій ФС45	1,1	62,9	1,1	156,2	1,1	115,2	1,1	334,3
6	Алюміній А88	0,2	11,4	0,2	28,4	0,2	21,0	0,2	60,8
Всього			5720,0		14199,4		10475,6		30395,0

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					28

3.4 Підготовка шихти і технологія плавлення сплавів, що виплавляються в цеху

#### 3.4.1 Підготовка шихтових матеріалів

Сталевий брухт: наліт іржі не допускається. Забрудненість шкідливими домішками не має перевищувати 1% за масою. Розмір шматків брухту повинен бути не більше 200 мм. У сталевому брухті не допускається наявність кольорових металів.

Зворот власного виробництва має бути необхідних розмірів, очищений від формувальної суміші.

Чавун переробний: наліт іржі не допускається. Забрудненість шкідливими домішками не повинна перевищувати 2%.

Феросиліцій – застосовується для введення кремнію в сталь. Маса шматків до 5 кг [7].

#### 3.4.2 Технологія плавлення

Плавка сталі проходить наступним чином: на дно тигля кладуть половину розрахункової кількості феросиліцію. Потім завантажують зворот власного виробництва сталі. По мірі розплавлення добавляють залишок шихти.

Своєчасно зіштовхують куски шихти, що звисають, не допускаючи виникнення «мостів». Протягом всієї плавки поверхня металу повинна бути покрита шлаком.

Після повного розплавлення і підігріву металу до 1560...1580 °С знімають шлак. При виплавлянні сталі проводять попереднє розкислення алюмінієм у кількості 0,2 % від маси завалки.

Наводять новий шлак і підігрівають метал до температури 1600 °С.

Знімають шлак та присаджують феросиліцій. Наводять шлак і відливають пробу на розкисленість у підігрітий чавунний стаканчик ошлакованою ложкою. Проба при охолодженні повинна давати усадку без виділення іскри.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Випуск металу виконують у ківш, очищений від шлаку та металу, нагрітий до 700...800 °С.

Перед випуском очищають дзеркало металу від шлаку.

Заливання виконують безперервним струменем при 1600...1620 °С. Відстань між воронкою і носиком ковша повинна бути не більше 100 мм.

### 3.5 Розрахунок парку ковшів

У плавильному відділенні розміщено дільницю для ремонту ковшів та стенд для їх сушіння.

Спочатку вибираємо тип та величину ковшів, а потім розраховуємо їх необхідну кількість за формулою:

$$N = (Q \cdot K_n) / (E \cdot H), \text{ од.} \quad (3.5)$$

де  $Q$  – годинна потреба рідкого металу,  $Q_1 = 1,67$  т/год,  $Q_2 = 6,71$  т/год;

$K_n$  – коефіцієнт нерівномірності виплавляння та використання рідкого металу,  $K_n = 1,15$ ;

$E$  – вибрана місткість ковша, т;

$H$  – кількість відбирань металу за годину (для індукційних печей 2...3).

Для вуглецевих сталей обираємо крановий стопорний ківш, місткістю 1000 кг та 2000 кг.

Кількість ковшів для першого групового потоку:

$$N_1 = (1,67 \cdot 1,15) / (1,0 \cdot 2) = 1,92 \text{ од.}$$

Кількість ковшів для першого групового потоку:

$$N_2 = (6,71 \cdot 1,15) / (2,0 \cdot 2) = 1,93 \text{ од.}$$

Обираємо по три розливальні ковші місткістю – двоє працюють, третій у ремонті.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.6 Розрахунок кількості енергетичних затрат

Обсяг витрат електроенергії визначають на підставі вибору і розрахунку кількості технологічного обладнання, використання його встановленої потужності при запланованому режимі роботи:

$$E = M\Phi_0\eta_{36}K_1K_2, \quad (3.6)$$

де  $M$  – встановлена потужність обладнання, кВт;

$\Phi_0$  – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$\eta_{36}$  – коефіцієнт завантаження обладнання;

$K_1$  – коефіцієнт одночасності роботи (для електричних печей = 0,6);

$K_2$  – коефіцієнт використання потужності (приймається рівним 0,7).

Так як технологічне обладнання – це індукційні печі, то підставивши відповідні значення у формулу (3.6), отримаємо два значення для ІСТ 2,5 та ІСТ 6:

$$E_1 = 900 \cdot 1720 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 325080 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$E_2 = 1000 \cdot 1720 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 505680 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Витрати енергії піднімально-транспортного обладнання визначають виходячи з його потужності.

Витрати енергії для санітарно-технічних пристроїв (вентиляції, опалення) визначають у відповідності з вимогами по охороні праці та техніки безпеки.

Розрахунок витрат енергії на освітлення виконують на основі загального плану відділення. Вихідні данні для розрахунку: площа приміщення, необхідна освітлюваність і режим роботи освітлювальних пристроїв.

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою:

$$Q = \frac{Sq\tau f}{1000}, \quad (3.7)$$

де  $S$  – освітлювальна площа, м<sup>2</sup>;

$q$  – поверхнева густина теплового потоку, Вт/м<sup>2</sup>;

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\tau$  – число годин горіння на рік;

$f$  – коефіцієнт одночасного горіння.

Величину  $q$  зазвичай приймають: для виробничих приміщень – 11...15 Вт/м<sup>2</sup>. Приймаємо 13 Вт/м<sup>2</sup>.

Залежно від тривалості освітлювального періоду значення  $\tau$  приймають рівним: для двозмінної роботи – 2500 год, для тризмінної роботи – 4700 год.

Коефіцієнт, який враховує одночасність горіння ламп, приймають: для виробничих прогонів – 0,8.

Результати розрахунків витрат електроенергії зводять в таблиці 5.1 та 5.2.

Таблиця 3.6 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік, год	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт використання потужності	Річні витрати електроенергії, кВт·год
ІСТ 2,5	2	900	1720	0,5	0,6	0,7	650160
ІСТ 6	3	1000	1720	0,7	0,6	0,7	1517040
Мостовий кран	1	25	1720	0,7	0,3	0,7	6321
Усього витрат, кВт·год							2173521

Таблиця 3.7 – Витрати електроенергії на освітлення

Найменування споживача	Освітлювальна площа, м <sup>2</sup>	Поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м <sup>2</sup>	Кількість годин горіння на рік, год	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Плавильне відділення	42×24	14	2500	0,8	28224
Усього витрат, кВт·год					28224



## 4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

### 4.1 Обґрунтування розробленої технології

#### 4.1.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь “Плита” виготовляється з вуглецевої сталі марки 30Л, має масу 86 кг та габаритні розміри 500×625×300 мм.

За складністю конфігурації виливок відноситься до третьої групи – виливки середньої складності відкритої коробчастої.

За масою виливок відноситься до першої групи – дрібні виливки (11...100 кг), маса деталі 86 кг, маса виливка 96 кг.

Переважна товщина стінки 10 мм. Деталь має 2 наскрізний отвори, 1 глухий отвір, і 8 отворів які не відливаються. Також має фаски, які не виконуються литвом. Оброблювані поверхні деталі: 300 мм, 100 мм.

Конструкція литої деталі “Плита” відповідає вимогам ливарної технологічності:

- зовнішня поверхня виливка забезпечує безперешкодне вилучення моделі з форми без необхідності застосовування відокремлюваних частин або встановлення зовнішнього стрижня;

- максимально вирівняні товщини стінок, наявні раціональні форми різних переходів, спряжень сприяючих зниженню внутрішніх напружень та усуненню дефектів усадкового характеру;

- має достатню кількість отворів для зручності оформлення стрижнями внутрішніх порожнин виливка, виконання обрубних та записних операцій, а також транспортування виливка.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Синяк Я.В.			РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Ямшинський М.М.					33	94
						КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.						
Затв.								

Хімічний склад вуглецевої сталі 30Л наведено в таблиці 3.1 та механічні властивості:

- границя міцності при розтягуванні  $\geq 471$  МПа;
- відносне видовження 17%.

#### 4.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливків

При виборі способу виготовлення виливка приймаємо до уваги серійність виробництва, технічні вимоги пропоновані, до виробу, розмір виливка та тип сплаву, що впливає на вартість форми та модельного оснащення.

При крупносерійному та масовому виробництві частіше використовують спеціальні способи литва, а також лиття у сирі піщані форми, що виготовляють на формувальних машинах або автоматичних лініях.

Враховуючи що виливок “Плита” відноситься до дрібного литва, й виготовляється в умовах масового виробництва, вибираємо вид технологічного процесу лиття у сирі піщано-глинясті суміші.

Для виготовлення ливарної форми використовуємо струшувальні машини.

Для виготовлення стрижнів використовуємо вібростіл.

Складання та заливання форм відбувається на ливарному конвеєрі.

#### 4.1.3 Обґрунтування положення моделі у формі й вибір площини рознімання моделі і форми

При виборі площини рознімання моделі (форми) керуємося наступними положеннями згідно з ГОСТ 3.1125-88:

- число рознімів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальним (виконується);
- весь виливок або його основну частину слід розміщувати в нижній півформі (не виконується, тому що внутрішня частина виконується стрижнем,

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

який тримається у нижній півформі);

– оброблювані поверхні розміщувати в нижній частині або вертикально (не виконується, через конфігурацію виливка);

– забезпечити зручність та надійність встановлення стрижнів (виконується);

– площа розніму моделі повинна забезпечувати легке вилучення моделі, без виконання відокремлюваних частин (виконується);

– забезпечити надійність та можливість контролю правильності складання (виконується);

– зручність підведення металу, забезпечення повного заповнення форми (виконується);

– забезпечити видалення газів і стрижнів, підведення металу і повного заповнення ним порожнини форми (виконується).

Керуючись даними правилами, виливок розміщуємо у верхній півформі. Таке положення зручне для підведення металу в порожнину ливарної форми та її повного заповнення, встановлення стрижнів, зручне для вилучення моделі.

Рознімання моделі і форми показуємо лінією, яка закінчується знаком "X – X", над якою показуємо позначення – МФ.

Положення виливка при заливанні показуємо суцільною основною лінією, обмеженою стрілками і перпендикулярною до лінії рознімання (Рис. 4.1).

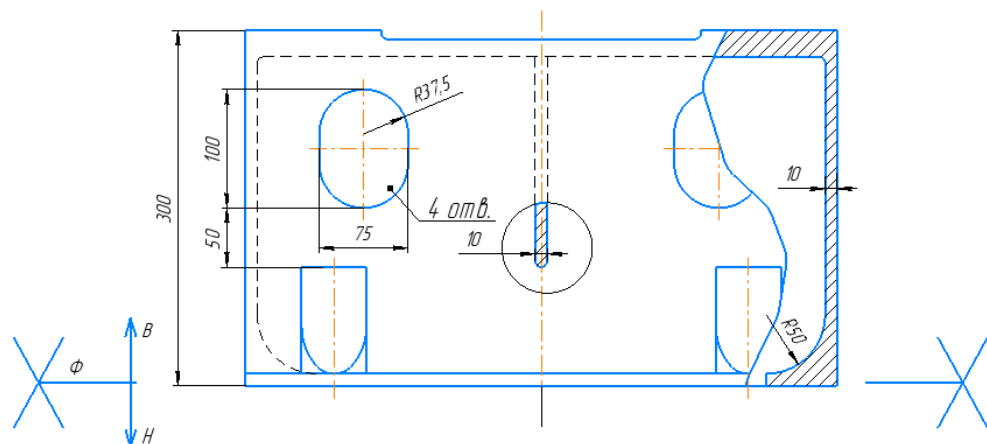


Рисунок 4.1 – Положення виливка при заливанні

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

#### 4.1.4 Усадка виливка

Для виливків із сталі 30Л лінійна усадка становить 2,0...2,2%, ливарна – 1,9...2,0%. Оскільки опір усадці створюють дві стрижні, які використовуються для відтворення внутрішньої поверхні виливка, тому приймаємо усадку виливка 2,0%.

#### 4.1.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

Величину припусків на механічне оброблення призначаємо у відповідності до вимог ГОСТ 26645-85. Вибрані припуски заносимо до табл. 4.1 та табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

№	Найменування	Характеристика
1	Вид технологічного процесу	Лиття у сирі форми
2	Тип сплаву	30Л
3	Маса виливка, кг	96
4	Найбільший габаритний розмір, мм	625
5	Клас розмірної точності виливка	12
6	Ступінь жолоблення виливка	7
7	Ступінь точності поверхонь виливка	15
8	Клас точності маси виливка	11
9	Ряд припуску на механічне оброблення	8

Таблиця 5.2 – Припуски розмірів

Розмір	Допуск розміру	Припуск на механічне оброблення	Оброблення	Загальний розмір
100	5,6	1,0	чорнове	101±5,6
300	7,0	1,0		302±7,0

Точність виливка «Плита» 12-7-15-11 за ГОСТ 26645-85.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Отвори діаметром до 10...25 мм виконуються не литтям, а механічною обробкою (свердлінням) і тому на кресленні їх закреслюємо тонкою лінією "хрест на хрест".

#### 4.1.6 Зображення та позначення стрижнів

Для формування внутрішніх порожнин виливка або заглибин і виступів на ньому використовують стрижні, встановлення й фіксація піщаного стрижня у ливарній формі здійснюється за допомогою спеціальних виступів, які називаються стрижневими знаками. Конфігурація і розміри стрижневих знаків визначаються розмірами виливка і конфігурацією отворів, що оформлюються стрижнями (Рис. 4.2). Вибір стрижневих знаків здійснюється залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92.

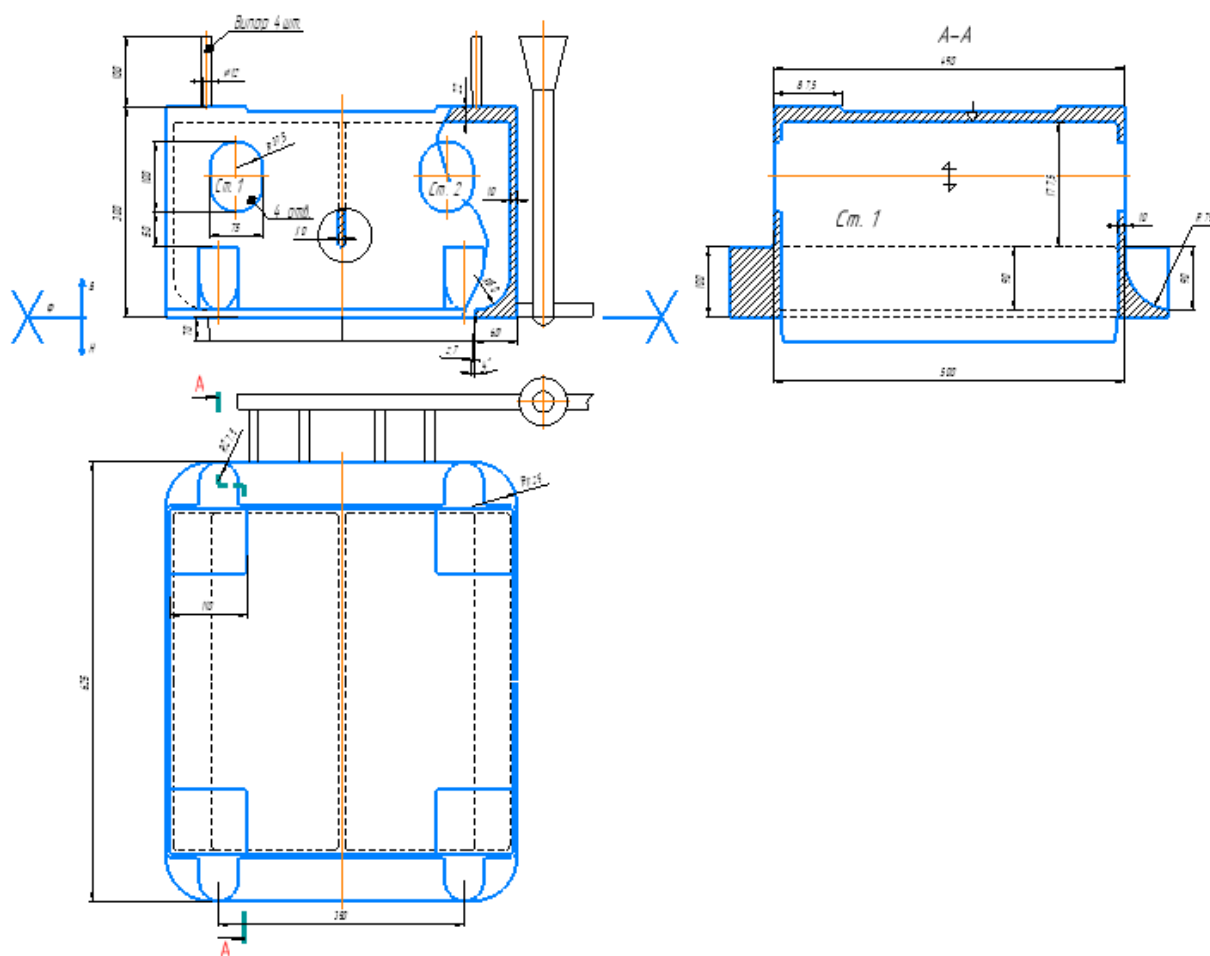


Рисунок 4.2 – Виливок зі стрижнями та технологією

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ

Арк.

37

У нашому випадку для виконання внутрішньої конфігурації виливка, а також для виконання отворів застосовується два вертикальні стрижні.

Висоту вертикального знака для форми по-сирому вибираємо у відповідності до ГОСТ 3212-92 та зводимо до табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розміри вертикальних стрижневих знаків

Позначення		Стрижень №1	Стрижень №2
Висота стрижня Н, мм		277,5	277,5
(a+b)/2, мм		357,5	357,5
Висота знака $h$ , мм	Таблична	40	40
	Приймаємо*	60	60
Знаковий ухил $\alpha$ , град		7	7
Величина зазору, мм	$S_1, S_2$	0,5	0,5

\* знак є тільки знизу, тому збільшуємо на 50% табличне значення

Інші не вказані розміри та величини позначені на кресленні “Плита”.

Стрижні та їх знаки зображуємо за масштабом креслення суцільною тонкою лінією. Стрижні в розрізі штрихуємо тільки біля контурних ліній, довжина штрихових ліній 3...30 мм.

Також позначаємо стрілками напрям ущільнення стрижнів, місця виводу газів із стрижня позначаючи літерами ВГ (вивід газів) згідно з ГОСТ 3.1125-88.

## 4.2 Вибір типу та розрахунок розмірів опок

### 4.2.1 Розрахунок розмірів опок

Опока – пристрій, що слугує для утримання кому формувальної суміші, надання йому міцності та жорсткості, виконанню під’ємно-транспортних операцій.

Опока включає у себе: рамку, ребра жорсткості, елементи транспортування, елементи центрування та кріплення.

Необхідні розміри опок визначають розрахунком, виходячи з розміщення виливків у формі, розміщення ливникової системи та існуючих нормативних відстаней між виливками, й виливками до стінки опоки, необхідного шару суміші над і під виливком.

Основна задача при виборі розмірів опок – мінімізувати витрати формувальної суміші.

У нашому випадку у формі розміщено два виливка, підведення металу здійснюємо у місце так як показано на ескізі (Рис. 4.3).

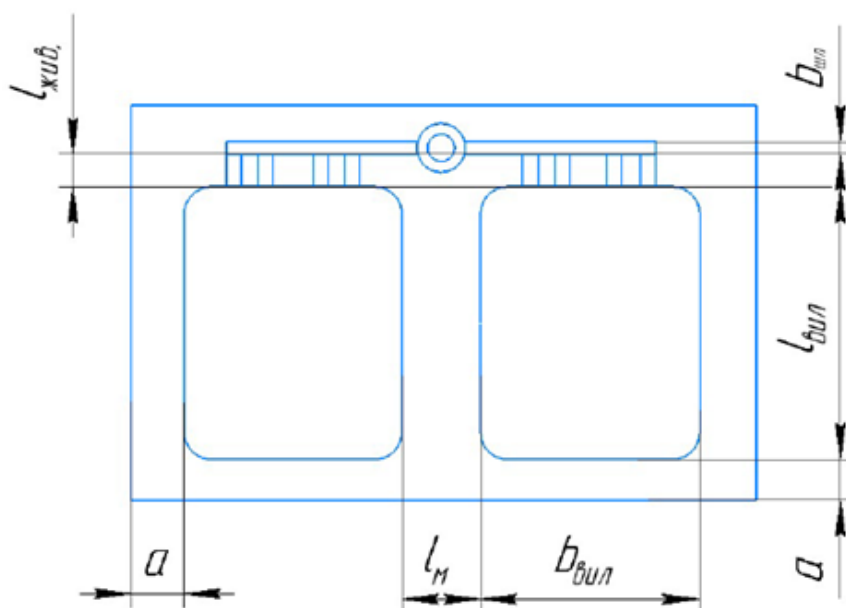


Рисунок 4.3 – Схема розміщення виливків у формі

Так, як наш виливок відноситься до дрібного литва, то відстані від виливка до стінок опоки ( $a$ ), до контрладу верхньої опоки ( $b$ ) та до контрладу верхньої опоки ( $в$ ) приймаємо у відповідності з таблицею 4.4.

Таблиця 4.4 – Відстані від виливка

Позначення	$a$	$b$	$в$
Рекомендовано, мм	25...70	100...150	150...200
Приймаємо, мм	30	100	200

Ширина опоки:

$$b_{on} = 2a + l_{вил} + l_{жив} + b_{ил}, \quad (4.1)$$

де  $b_{on}$  – розрахункова ширина опоки, мм;

$l_{вил}$  – довжина виливка, мм;

$l_{жив.}$  – довжина живильника, мм;

$b_{ил.}$  – ширина шлаковловлювача, мм;

$a$  – відстань від виливка до стінок опоки, мм.

Підставивши значення у формулу 4.1, отримаємо:

$$b_{on} = 2 \cdot 30 + 625 + 70 + 40 = 795 \text{ мм.}$$

Довжина опоки:

$$l_{on} = 2a + 2b_{вил} + l_m, \quad (4.2)$$

де  $l_{on}$  – розрахункова довжина опоки, мм;

$b_{вил}$  – ширина виливка, мм;

$a$  – відстань від виливка до стінок опоки, мм;

$l_m$  – відстань між виливками, 75 мм.

Підставивши значення у формулу 4.2, отримаємо:

$$b_{on} = 2 \cdot 50 + 2 \cdot 500 + 75 = 1185 \text{ мм.}$$

Так як у нашому випадку виливок розміщений у верхній півформі, то висота верхньої та нижньої опоки буде:

$$h_{\text{верх. оп.}} = h_{вил.} + б ;$$

$$h_{\text{нижн. оп.}} = h_{\text{стерж.зн.}} + в; \quad (4.3)$$

де  $h_{on}$  – розрахункова висота опоки, мм;

$h_{вил.}$  – висота виливка в опоці, мм;

$б$  – відстань від виливка до контрладу верхньої опоки, мм.

$в$  – відстань від нижнього стрижневого знака до контрладу нижньої опоки, мм.

$$h_{\text{верх. оп.}} = 300 + 100 = 400 \text{ мм}$$

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$h_{\text{нижн. оп.}} = 60 + 200 = 260 \text{ мм}$$

Розраховані розміри опок:

$$l \times b \times h_{\text{о}} / h_{\text{н}} = 1185 \times 795 \times 400 / 260.$$

За ГОСТ 2133-75 обираємо опоки, що мають найближчі розміри:

$$l \times b \times h_{\text{о}} / h_{\text{н}} = 1200 \times 800 \times 400 / 300.$$

#### 4.2.2 Характеристика вибраних опок

Центрування опок проводимо за допомогою центруючого і направляючого штирів.

Скріплення приливів опок проводимо за допомогою скоб.

Транспортування опок, а також готових півформ виконуємо за допомогою цапф.

Використання болтів не є доцільним, тому що підйому верхньої півформи внаслідок дії піднімальної сили металу не буде.

Вага опок за ГОСТ 15004-69 складає:

$$m_{\text{в}} = 311 \text{ кг}, m_{\text{н}} = 268 \text{ кг}.$$

#### 4.3 Розрахунок ливникової системи

4.3.1 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу в форму

Призначення ливникової системи:

- забезпечити безупинну, рівномірну і спокійну подачу рідкого металу в порожнину форми;
- передбачити живлення вилівка рідким металом під час його затвердіння й усадки;
- затримати проникнення шлаку, піску й інших неметалічних включень у форму;
- попередити руйнування форми від дії струменя металу.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однією з важливих умов отримання якісного виливка являється правильна конструкція ливникової системи. Враховуючи розміри нашого виливка, його розташування у формі, товщину стінки а також масу, застосовуємо ливникову систему з підведенням розплаву по площині рознімання.

#### 4.3.2 Розрахунок площ усіх елементів

Площа перерізу живильників на один виливок складає:

$$\sum F_{жив 1в} = \frac{G_в}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \cdot \sqrt{H_p}} \quad (4.4)$$

де  $G_в$  – маса виливка;

$\mu$  – коефіцієнт втрати напору. Коефіцієнт опору руху металу в каналах ливникової системи для сталі, що заливається в сиру форму з середнім опором руху становить  $\mu = 0,45$ ;

$\tau$  – тривалість заливання, с.

Так як  $G_в = 96$  кг, то тривалість заливання форми розраховуємо за формулою:

$$\tau = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_в}, \quad (4.5)$$

де  $S$  – коефіцієнт часу (для сифонної ливникової системи лежить в межах 1,2 ... 1,3), приймаємо рівним  $S = 1,3$ ;

$\delta$  – товщина стінки, мм.

$$\tau = 1,3 \cdot \sqrt[3]{10 \cdot 96} \approx 13 \text{ с.}$$

$H_p$  – розрахунковий металостатичний напір, см.

Металостатичний напір (для нижнього підведення металу рис. 4.3), розраховуємо за формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{h_в}{2}, \quad (4.6)$$

де  $H_0$  – відстань від горизонтальної площини, яка проходить через ливникову воронку, до місця підведення металу в порожнину форми, см;

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$h_в$  – висота вилівка під час заливання, см;

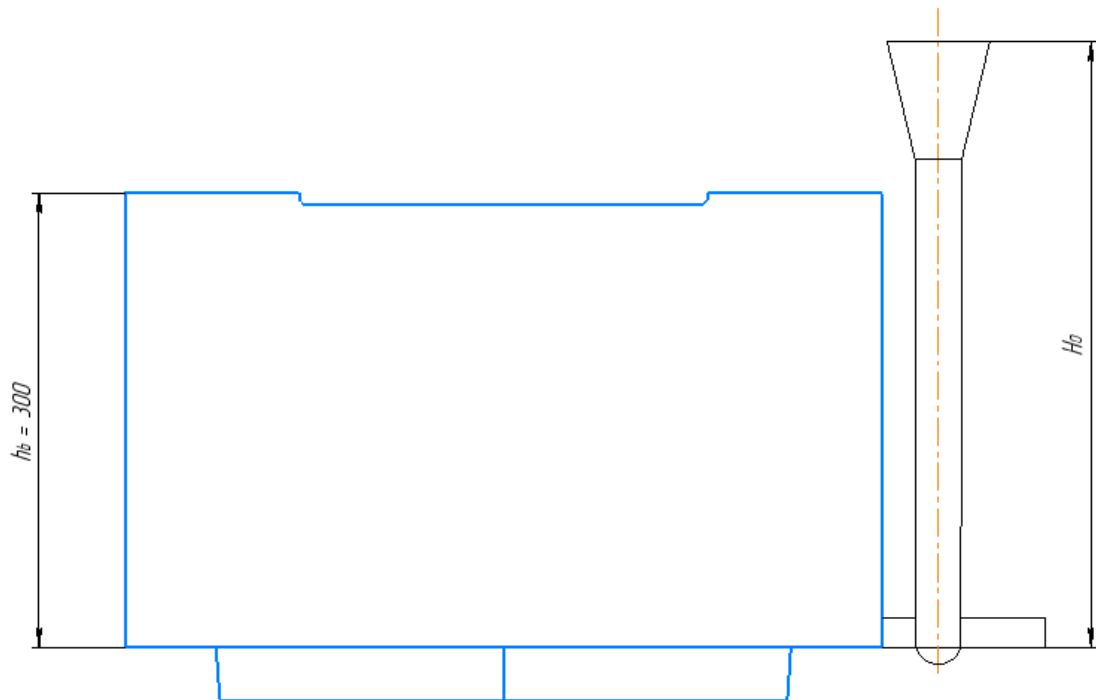


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема ливникової системи

$$H_p = 40 - \frac{30}{2} = 25 \text{ см.}$$

Підставивши всі значення у формулу (4.4), ми отримаємо значення площі перетину живильників на один вилівок:

$$\Sigma F_{жив1в} = \frac{96}{0,45 \cdot 13 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{25}} = 10,6 \text{ см}^2$$

За конфігурацією та масою вилівка приймаємо співвідношення перерізів елементів ливникової системи:

$$\Sigma F_{ст} : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{жив} = 1,3 : 1,1 : 1,0 \quad (4.7)$$

де  $\Sigma F_{жив} = \Sigma F_{жив1в} n_{вил}$  – сумарний переріз живильників, см<sup>2</sup>.

$$\Sigma F_{жив} = 10,6 \cdot 2 = 21,2 \text{ см}^2.$$

Тоді сумарний перетин елементів складає:

$$\Sigma F_{шл} = 21,2 \cdot 1,1 = 23,32 \text{ см}^2;$$

$$\Sigma F_{ст} = 21,2 \cdot 1,3 = 27,56 \text{ см}^2.$$

#### 4.3.3 Розрахунок лінійних розмірів всіх елементів ливникової системи

Для підводу металу у порожнину вилівка використовуємо чотири живильника і скористаємось наступною формулою:

$$F_{жив} = \frac{\sum F_{жив\ Iв}}{n}, \quad (4.8)$$

де  $\sum F_{жив\ Iв}$  – сумарна площа живильників на 1 виливок,  $\text{см}^2$ ;

$n$  – кількість живильників на виливок, шт.;

$$F_{жив} = \frac{10,6}{4} = 2,65 \text{ см}^2.$$

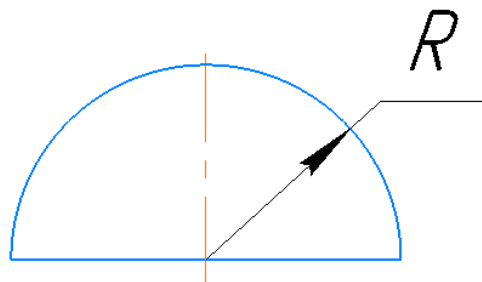


Рисунок 4.5 – Схема перетину живильника

Використовуємо живильник, найбільш вживаної для сталей, напівкруглої форми (Рис. 4.5):

$$R_{жив} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_{жив}}{\pi}} \quad (4.9)$$

$$R_{жив} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,65}{3,14}} = 1,3 \text{ см} \approx 13 \text{ мм},$$

Так, як після стояка метал, що заливається, йде в двох напрямках, тому площа поперечного перерізу шлаковловлювача (колектора) дорівнює половині сумарної поперечної площі шлаковловлювача:

$$F_{шл} = \frac{\sum F_{шл}}{2} = \frac{23,32}{2} = 11,7 \text{ см}^2 \quad (4.10)$$

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

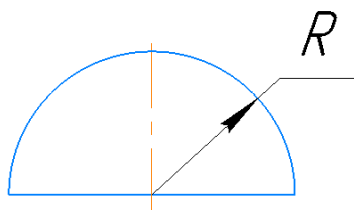


Рисунок 4.6 – Схема перетину шлаковловлювача

Приймаємо шлаковловлювач напівокруглої форми (Рис. 4.5) з відповідними лінійними розмірами:

$$R_{шл} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_{шл}}{\pi}}, \quad (4.11)$$

$$R_{жив} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11,7}{3,14}} = 2,7 \text{ см} = 27 \text{ мм.}$$

Розрахунок лінійних розмірів перерізу стояка, схема зображена на рис. 4.7:

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot \Sigma F_{cm}}{\pi}}, \quad (4.12)$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot 27,56}{3,14}} = 5,92 \text{ см} \approx 60 \text{ мм}$$

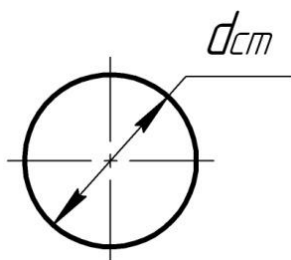


Рисунок 4.7 – Схема перетину стояка

Кут конусності приймаємо рівним 3°.

Розрахунок лінійних розмірів зумпфа, схема якого зображена на рис. 4.7:

$$r_3 = d_{cm} / 2 \quad (4.13)$$

$$r_3 = 60 / 2 = 30 \text{ мм}$$

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.8 – Схема зупфа

Випор використовують для додаткового виведення газів з порожнини ливарної форми. Переріз випору в основі приймають рівним половині товщини стінки виливка. Так як товщина стінки виливка складає  $\delta_{вил} = 10 \text{ мм}$ , то діаметр випору приймаємо 10 мм. Для нашого виливка встановлюємо 4 випора.

#### 4.4 Формувальні та стрижневі суміші

##### 4.4.1 Обґрунтування вибору складу сумішей

Формування виливка відбувається при твердінні розплавленого металу в ливарній формі. При цьому розплав взаємодіє з поверхнею форми й у ній відбуваються складні механічні і фізико-хімічні процеси, які впливають на якість виливків. Так, форма повинна опиратися тиску розплаву, не змінюючи своїх розмірів, витримувати високі температури, не розплавляючись, і не вступати в хімічну взаємодію з металом і газами, мати пористість, яка забезпечить вихід газів з порожнини форми, і запобігати утворенню газових раковин, відбирати тепло з розплаву і регулювати швидкість охолодження виливка.

##### 4.4.2 Рецептатура та властивості суміші

Вибір складу формувальної та стрижневої суміші, визначається способом формування і видом сплаву, який заливається в порожнину ливарної форми.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Враховуючі вимоги, які ставляться до геометричної та розмірної точності виливка, масу (96 кг – чорнова), групу складності, серійність виробництва для виготовлення форм застосовуємо сиру піщано-глинясту суміш.

Дана формувальна суміш, використовується в сучасних технологічних процесах. Вона володіє комплексом наступних властивостей: міцністю, газопроникністю, вогнетривкістю, довговічністю і т. д., забезпечує високу якість виливків та задану продуктивність лінії. Особливістю даної суміші являється мінімальний вміст (до 3 %) високоякісних бентонітів. Такі суміші при мінімальному вмісті води (від 3,0 до 3,8 %) мають наступні переваги:

- підвищену чистоту поверхні виливків;
- знижений вміст бентоніту, необхідного для отримання заданої міцності суміші, в 2...2,5 рази у порівнянні з вмістом каолінової глини, що призводить до збільшення газопроникності, вогнетривкості, зменшення можливості утворення пригару;
- полегшену вибиваємість виливків з форм;
- підвищену текучість та піддатливість [5].

Для виготовлення стрижнів використовуємо пластичну самотверднучу суміш на основі синтетичної смоли ОФ-1 [6], склад якої наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.5 – Склад та властивості формувальної суміші

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	2	3
1	Призначення суміші	Сталеві виливки
2	Вміст компоненту, % (за масою): - оборотна суміш - кварцовий пісок - бентоніт - крохмаліт - ПАР	94,5...95,5 3...5 0,3...0,4 0...0,02 0,03...0,05
3	Вологість, %	3,3...3,7
4	Міцність на стиск, кПа	70...90
5	Газопроникність, од.	100

1	2	3
6	Формувальність, %	75...80
7	Ущільнюваність, %	40...45
8	Текучість, %	70...75
9	Пиловидний кварц (>94,5 % SiO <sub>2</sub> ), %	2...5

Таблиця 4.6 – Склад та властивості стрижневої суміші

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Формувальний пісок марки ЗК <sub>3</sub> О <sub>2</sub> 016, % мас.	100
2	Вміст синтетичної смоли ОФ-1, % мас.	1,5...1,8
3	Вміст каталізатора БСК, % мас.	1,0...1,2
4	Газопроникність, ум. од.	200...250
5	Живучість, хв.	8...12
6	Час витримки стрижня в ящику, хв.	15...20
7	Міцність після витримки (24 год.), 10 <sup>5</sup> Па	30...40

## 4.4.3 Методи запобігання утворення пригару

Пригаром називають дефект у вигляді важковідокремлюваного слою на поверхні виливка, утвореного внаслідок фізико-хімічної взаємодії форми або стрижня з розплавом та його оксидами. Уникнути або значно зменшити утворення пригару можна шляхом створення відновлювальної атмосфери в порожнині ливарної форми і на межі «метал-форма» при заповненні її розплавом до моменту утворення на поверхні виливка твердої кірочки затверділого сплаву.

Враховуючи те, що виливок сталевий, для зменшення пригару з боку форми в суміш вводимо 2...5 % пиловидного кварцу (>94,5 % SiO<sub>2</sub>). Пиловидний кварц зменшує пористість, цирконовий пісок збільшує вогнетривкість суміші.

Для попередження утворення пригару з боку стрижня використовуємо самовисихаючу фарбу наступного складу табл. 4.7.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Даний тип фарб має органічні розчинники, що швидко випаровуються для возгонки яких нема необхідності використовувати сушіння.

Таблиця 4.7 – Склад самовисихаючої протипригарної фарби

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Призначення фарби	Сталеве литво
2	Вміст наповнювача (циркон), % мас.	60
3	Вміст зв'язуючого (полівінілбутираль), % мас.	2,5
4	Вміст розчинника (етиловий спирт), % мас.	37,5
5	Щільність, 10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>	1,75...1,85

#### 4.4.4 Технологія приготування сумішей та фарб

Процес приготування сумішей складається, по-перше, власне перемішування компонентів до рівномірного розподілу їх в усьому об'ємі і, по-друге, покриття поверхні зв'язувальним компонентом.

Приготування піщано-глинястої суміші відбувається у коткових змішувачах безперервної дії.

Виготовлення ХТС виконується у лопатевих змішувачах безперервної дії.

Процес приготування сумішей складається з таких операцій:

- дозування всіх компонентів суміші, в тому числі і рідких зв'язувальних компонентів та води;
- завантажування їх у змішувачі в певній послідовності, спочатку подаються сухі компоненти(оборотна суміш, кварцовий пісок, глина), а потім вода;
- перемішування компонентів для забезпечення однорідності та заданих властивостей готових сумішей.

При приготуванні протипригарних фарб з окремих компонентів спочатку готують рідку композицію з розчину зв'язувального компонента, суспензувальних та інших речовин, які утворюють колоїдний розчин.

Тип фарбозмішувача – механічний з частотою обертання 120 об/хв.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.5 Характеристика модельного комплекту

### 4.5.1 Обґрунтування вибраного матеріалу

Для виготовлення моделі виливка, а також виготовлення стрижневих ящиків застосовуємо сплав АК12 ГОСТ 1583-93, за 6 класом точності ГОСТ 3212-92.

Так як наш виливок відноситься до середнього литва та має найбільший габаритний розмір 625 мм, то вибраний матеріал відповідає поставленим перед ним вимогам.

### 4.5.2 Склад модельного комплекту

Для виготовлення нашого виливка модельний комплект має склад:

- модельна плита низу (1 шт.);
- модельна плита верху (1 шт.);
- модель виливка (2 шт.);
- стрижневий ящик (2 шт.);
- моделі елементів ливникової системи: живильник (8 шт.), шлаковловлювач (2 шт.), стояк (1 шт.), випор (8 шт.).

### 4.5.3 Особливості конструкції моделі

У даному випадку модель є нероз'ємною. Для зменшення маси модельного комплекту та економії матеріалу, модель виконуємо порожнистою з товщиною стінки 10 мм ГОСТ 21079-75. Для надання моделі жорсткості у порожнині виконуємо відповідні ребра товщиною 10 мм на всю висоту ГОСТ 21079-75.

За конструкцією стрижневий ящик роз'ємний. Його виготовляють із двох частин. Площина розніму – горизонтальна. Скріплюємо ящик гвинтами, centruємо штирем.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Стрижневі знаки моделі виконуємо у відповідності з розмірами, вказаними в табл. 4.3 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Готову модель фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92.

Робочі розміри моделей вилівка:

$$\alpha = l_p \cdot (1 + Y/100), \quad (4.14)$$

де  $l_p$  – розмір деталі, мм;

$Y$  – усадка вилівка, %

$$\alpha_1 = (300 + 1 \cdot 2) \cdot (1 + 2,0/100) = 308 \text{ мм}$$

$$\alpha_2 = 500 \cdot (1 + 2,0/100) = 510 \text{ мм}$$

$$\alpha_3 = 625 \cdot (1 + 2,0/100) = 634 \text{ мм}$$

Кріплення моделей на модельній плиті здійснюємо 36-ма болтами М16, центрування моделей на модельній плиті здійснюємо за допомогою 12 штифтів.

#### 4.5.4 Галтелі, знаки, марки фарб і колір фарбування моделей

Усі переходи між собою пересічними поверхнями плавні, мають галтелі, радіусом 4...6 мм (для моделей). Галтелі стрижневих ящиків мають радіус 8 мм.

Стрижневі знаки на моделі виконуємо у відповідності з ГОСТ 3212-92.

Готові моделі фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92:

– у червоний колір – модельний комплект, що використовується для виготовлення виливків з чавуну;

– у чорний колір – поверхні стрижневих знаків та інших частин що не заливаються.

#### 4.6 Опис технології виготовлення вилівка

##### 4.6.1 Порядок виконання операцій при виготовленні півформ

Так як у даному випадку виливок відноситься до середнього литва, то форми раціонально виготовляти на струшувальній формувальній машині з

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

допресуванням і без перевертання півформ. Послідовність виготовлення та заливання форми буде наступною:

- модельні плити верху та низу із закріпленими на них моделями виливків та елементів ливникової системи встановлюють на плиту формувальної машини;

- встановлюють опоки, центрують та фіксують відносно модельних плит;
- поверхню моделей та модельних плит покривають розділовим покриттям;

- заповнюють опоки ПГС;

- вмикають режим струшування, відбувається ущільнення суміші;

- підводять пресову траверсу в робочий стан;

- здійснюють допресування верхніх шарів півформи;

- зрізають надлишок суміші;

- піднімання штифтів для вилучення моделей;

- витягування моделей;

- повернення траверси у вихідний стан;

- повернення штифтів у вихідний стан;

- півформу верху кантують;

- транспортують півформи на ділянку складання форм;

- проставляють у нижню півформу стрижні;

- встановлюють напрямівні і центрувальні штирі;

- накривають нижню півформу верхньою;

- скріплюють півформи скобами;

- встановлюють випори;

- транспортують форму на ділянку заливання;

- заливають форму сталлю 30Л з стопорного ковша;

- охолоджують залиті форми на ділянці охолодження до температури виливка  $\approx 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- вибивають форми на інерційній вибивній ґратці на ділянці вибивання.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

#### 4.6.2 Кількість і вид пристрою для витягування моделі із півформи

Для видалення моделей із півформи при машинному формуванні використовують спеціальні пристрої, які є конструктивними елементами формувальних машин. До таких пристроїв відносяться витяжний, вібраційний та нівелювальний механізми.

Після виготовлення півформи вона подається на приймальний стіл. У цей момент вмикається нівелювальний механізм, що вирівнює півформу та встановлює її в горизонтальне положення. Після цього починають рухатись вгору 4 штирі, які піднімають опоку над модельною плитою, яка прикріплена до столу. Одночасно з витяжним механізмом починає працювати вібраційний механізм.

#### 4.6.3 Устаткування та інструменти

У процесі виготовлення форм та стрижнів використовуємо таке устаткування: струшувальну формувальну машину з допресуванням і без перевертання півформ моделі 267М для виготовлення форм, вібростіл ВС300 для виготовлення стрижнів, лопатевий змішувач безперервної дії 19611 для приготування сумішей, фарбозмішувач для приготування протипригарної фарби, вибивна ґратка моделі 31213.

#### 4.6.4 Технологія виготовлення стрижнів

Для повного відтворення внутрішньої, а також зовнішньої конфігурації виливка застосовуємо стрижень. Для його виготовлення використовуємо суміш ХТС на смоляній основі.

Стрижневі ящики виконуємо з алюмінієвого сплаву. Тип ящиків різноманітний.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Твердіння стрижня відбувається за рахунок введення у суміш каталізатора – БСК.

Основні операції при виготовленні стрижнів:

- підготовка стрижневих ящиків (огляд, очищення, продування, встановлення каркасу);
- заповнення ящика зі змішувача. При заповненні ящика сумішшю, його встановлюють на вібростіл для ущільнення суміші;
- продування і затвердівання стержневої суміші;
- кантування та витягання стержня;
- фарбування стрижня.

#### 4.6.5 Складання форми

Складання форми виконуємо на ливарному конвеєрі. Основні технологічні операції складання і послідовність їхнього виконання:

- 1) Підготовка форми до збирання. Встановлюємо нижню напівформу у горизонтальному положенні. Поверхні напівформ очищаємо.
- 2) Підготовка стрижнів до збирання. Усі тріщини, отвори, не призначені для вентиляції стрижнів, ретельно зашпаровуємо. Ушкоджені місця виправляємо стрижневою сумішшю, та зафарбовуємо.
- 3) Встановлюємо стрижні в нижню напівформу.
- 4) Проводимо накриття нижньої напівформи верхньою.

#### 4.6.6 Технологія заливання форми та термічне оброблення виливки

Для заливання форми застосовуємо стопорний ківш металоємністю 1 т. Температура заливання сталі 30Л становить 1570...1620 °С.

Після заливання форми виливок охолоджується та твердіє. Стальні тонкостінні виливки вибиваються при температурі 450 °С.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Стальні виливки піддаються термічному обробленню: нормалізації при температурах 890...900 °С та подальшому відпуску при температурах 610...630 °С.

#### 4.6.7 Технологія вибивання виливків з форм, процес видалення стрижнів, відокремлення елементів ливникової системи та зачищення виливків

Вибивання виливків із ливарних форм проводимо на інерційній вибивній решітці. Оптимальна температура виливків при вибивання із форми менше 450...500 °С.

Для очищення поверхонь виливків від пригару, від залишків формувальної та стрижневої суміші використовуємо галтувальний барабан. Для подальшого очищення використовуємо дробометний очисний барабан.

Елементи ливникової системи від дрібних виливків відокремлюють під час вибивання форм на інерційних вибивних решітках ударами молотка.

Для зачищення виливків від задирок та у місцях відокремлення ливникової системи використовуємо шліфувальні верстати.

#### 4.6.8 Можливі дефекти виливка

До можливих дефектів виливка можуть відноситись наступні дефекти (табл. 4.8)

Таблиця 4.8 – Можливі дефекти виливка

Дефект	Причина	Заходи щодо попередження
1	2	3
Невідповідність геометрії		
Стрижневий перекіс	Перекіс стрижня під час проставляння його у форму	Рівномірне опускання стрижня у знакові частини
Неспай	Низька рідкотекучість	Температура заливання має бути більша на 60 °С ніж температура ліквідус

1	2	3
Дефекти поверхні		
Пригар	Фізична та хімічна взаємодія матеріалу форми з металом виливка	Застосування протипригарних фарб
Груба поверхня	Використання крупнозернистого піску або низький ступінь ущільнення суміші	Ущільнювати суміш до заданої щільності 1600 кг/м <sup>3</sup> , а також використовувати наповнювач меншої фракції
Несуцільності у тілі виливка		
Газова раковина	Мала газопроникність форми	Збільшити кількість газовивідних каналів

## 4.6.9 Техніко-економічні показники

Розраховуємо витрати формувальних матеріалів на 1 тонну виливків.

Розраховуємо об'єм формувальної суміші в опоці:

$$V_{\phi \text{ сум}} = V_{\phi} - (V_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}} + V_{\text{стр}} \cdot n_{\text{стр}} + V_{\text{ЛС}}), \quad (4.15)$$

де  $V_{\phi}$  – об'єм форми, м<sup>3</sup>,

$V_{\text{в}}$  – об'єм виливка, м<sup>3</sup>,

$V_{\text{стр}}$  – об'єм стрижня, м<sup>3</sup>,

$V_{\text{л.с.}}$  – об'єм ливникової системи, м<sup>3</sup>.

$$V_{\phi} = l_{\text{он}} b_{\text{он}} (h_{\text{в.он}} + h_{\text{н.он}}) \quad (4.16)$$

$$V_{\phi} = 1,2 \cdot 0,8 \cdot (0,4 + 0,4) = 0,768 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{в}} = \frac{G_{\text{в}}}{\rho_{\text{т.м.}}}; \quad (4.17)$$

де  $\rho_{\text{т.м.}} = 7810 \text{ кг/м}^3$  – густина твердого металу;

$$V_{\text{в}} = 96 / 7810 = 0,012 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{стр}} = 0,23 \cdot 0,48 \cdot 0,31 = 0,034 \text{ м}^3,$$

$$G_{\text{ЛС}} = (\sum F_{\text{ж}} \cdot l_{\text{ж}} + \sum F_{\text{шл}} \cdot l_{\text{шл}} + F_{\text{ст}} \cdot h_{\text{ст}} + V_{\text{вор}}) \rho_{\text{т.м.}}, \quad (4.18)$$

де  $l_{\text{ж}}$ ,  $l_{\text{шл}}$  – довжина живильника, шлаковловлювача, м;

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$V_{\text{вор}}$  – об'єм воронки,  $\text{м}^3$

$\rho$  – густина твердого сплаву,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$G_{\text{лс}} = (0,00212 \cdot 0,08 + 0,00233 \cdot 0,82 + 0,00275 \cdot 0,4 + 0,0045) \cdot 7810 = 60 \text{ кг}$$

$$V_{\text{с}} = 60 / 7810 = 0,00768 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{ф сум}} = 0,768 - (2 \cdot 0,012 + 4 \cdot 0,034 + 0,00768) = 0,6 \text{ м}^3$$

Визначаємо масу формувальної суміші на одну ливарну форму:

$$M_{\text{ф.сумлф.}} = V_{\text{ф.с.лф.}} \cdot \rho_{\text{сум.}} \quad (4.19)$$

$$M_{\text{ф сумлф}} = 0,6 \cdot 1600 = 960 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу формувальної суміші на одну тону литва:

$$M_{\text{ф.с.лм.}} = \frac{M_{\text{ф.с.лф.}} \cdot 1000}{Q_{\text{с}} \cdot n_{\text{с}}}; \quad (4.20)$$

$$M_{\text{фс}} = (960 \cdot 1000) / (96 \cdot 2) = 5000 \text{ кг}$$

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{\text{технол}} = \frac{G_{\text{с}} \cdot 100\%}{G_{\text{с}} + G_{\text{л.с.}}} \quad (4.21)$$

$$ВП_{\text{технол}} = (96 \cdot 2 \cdot 100\%) / (96 \cdot 2 + 60) = 76 \%$$

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{\text{металург}} = \frac{((100 - Y)(100 - B)(100 - Б)) ВП_{\text{технол}}}{10^6}, \% \quad (4.22)$$

де  $Y = 3,0\%$  – угар сталі при плавці в індукційній печі;

$B = 3,0\%$  – без зворотні втрати;

$Б = 4,0\%$  – брак для сталєвих виливків.

$$ВП_{\text{металург}} = \frac{(100 - 3) \cdot (100 - 3) \cdot (100 - 4) \cdot 76}{10^6} = 69 \%$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва ми можемо розрахувати масу метало завалки на 1 тону придатного литва:

$$M_{\text{мз}} = \frac{1000 \cdot 100\%}{ВП_{\text{металург}}}, \text{ кг/т} \quad (4.23)$$

$$M_{\text{мз}} = (1000 \cdot 100\%) / 69 = 1\,449,3 \text{ кг/т}$$

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.6.10 Основні правила техніки безпеки

Всі робітники ливарного цеху повинні бути ознайомлені з наступними правилами техніки безпеки:

- 1) Проходячи по цеху, обладнаному транспортними засобами, необхідно бути уважним до сигналів та гудків, що подаються крановщиками та шоферами.
- 2) Забороняється знаходитися поблизу ковша при заповненні його розплавом з плавильної печі.
- 3) При переносі ковша з металом заборонено знаходитися під ковшем або біля його.
- 4) Не можна брати виливок у руки, не перевіривши попередньо, остигнув він чи ні.
- 5) Не можна залишати на робочому місці легкозаймисті матеріали.
- 6) Необхідно стежити за справністю ізоляції електропроводки цеху.
- 7) Робітникам забороняється без потреби ходити по інших цехах заводу.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ПРОЕКТУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОЇ ТИГЕЛЬНОЇ ПЕЧІ

Індукційні тигельні печі, для плавлення сталі мають закриту конструкцію, тобто магнітний потік у них ззовні індуктора передається радіально розміщеними пакетами трансформаторної сталі (магнетопроводами). Така конструкція надає печі жорсткості і компактності, підвищує коефіцієнт корисної дії і продуктивність печі.

Печі для плавлення сталі працюють на струмі промислової (50 Гц) або підвищеної частоти. Для підвищення питомої потужності та прискорення процесу плавлення печі забезпечують генераторами, які збільшують частоту струму до 500 Гц, при цьому питома потужність змінюється від 320 до 800 кВт/т.

Загальна схема індукційної тигельної печі показана на Рис. 5.1.

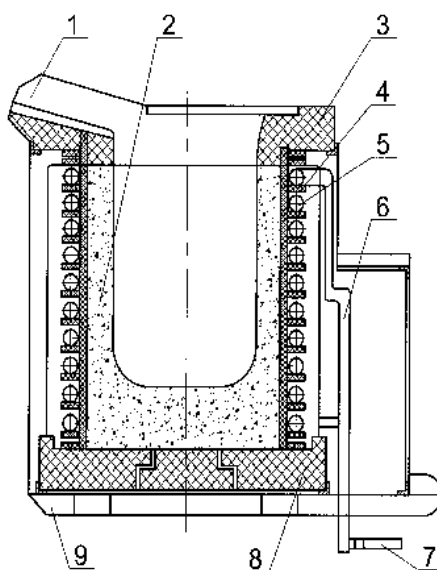


Рисунок 5.1 – Схема індукційної печі

1 – зливний носик; 2 – тигель; 3 – верхня фасонна кераміка; 4 – ізоляційні прокладки; 5 – індуктор; 6, 7 – з'єднувальні шини; 8 – нижня фасонна кераміка; 9 – металевий каркас.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	<div style="text-align: center;">ПРОЕКТУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОЇ ТИГЕЛЬНОЇ ПЕЧІ</div>		
Разроб.	Синяк Я.В.						
Перев.	Ямшинський М.М.						
Н. Контр.	Федоров Г.Е.						
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						59	94
					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		

Основною перевагою індукційного плавлення у тигельних печах промислової частоти є стабільність хімічного складу металу через інтенсивне його перемішування. Другою перевагою є використання дешевої шихти на основі сталевих скрапу, легуваних відходів, чавунної та сталевих стружок розсіпом.

Оскільки індукційні тигельні печі є агрегатами періодичної дії, то для безперервного забезпечення металом діляниць заливання форм установлюють декілька печей. Стійкість футеровки в печах промислової частоти залежить від режиму експлуатації печі.

### 5.1 Розраховування вузла індукційної тигельної печі

Розраховуємо об'єм тигля за наступною формулою:

$$V = G/\gamma, \quad (5.1)$$

де  $V$  – об'єм тигля,  $\text{м}^3$ ;

$G$  – місткість печі,  $\text{кг}$ ;

$\gamma$  – питома вага розплавленого металу. Для сталі  $\gamma = 7200 \text{ кг/м}^3$ .

Підставивши значення в формулу (5.1), отримуємо:

$$V = 2500 / 7200 = 0,347 \text{ м}^3;$$

Середній внутрішній діаметр тигля знаходимо за формулою:

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot A \cdot V}{\pi}}, \quad (5.2)$$

де  $D_2$  – середній внутрішній діаметр тигля,  $\text{м}$ ;

$$A = D_2/h = 0,68;$$

$V$  – об'єм тигля,  $\text{м}^3$ .

Підставивши значення в формулу (5.2), отримуємо:

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,68 \cdot 0,347}{3,14}} = 0,67 \text{ м}.$$

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо висоту загрузки за формулою:

$$H_T = D_2 / A, \quad (5.3)$$

де  $H_T$  – висота загрузки тигля, м ;

$D_2$  – середній внутрішній діаметр тигля, м.

Підставивши значення в формулу (5.3), отримуємо:

$$H_T = 0,67 / 0,68 = 0,98 \text{ м.}$$

Приймаємо  $H_T = 0,98 \text{ м.}$

Розраховуємо висоту індуктора. Висота індуктора складає:

$$H_i = H_T \cdot B, \quad (5.4)$$

де  $H_T$  – висота загрузки тигля, м;

$H_i$  – висота індуктора, м;

$$B = 1,2.$$

Підставивши значення в формулу (5.4), отримуємо:

$$H_i = 0,67 \cdot 1,2 = 0,8 \text{ м.}$$

Товщина футерівки в середньому перерізі тигля знаходиться по формулі:

$$\Delta\Phi = D_2 \cdot C, \quad (5.5)$$

де  $\Delta\Phi$  – товщина футерівки в середньому перерізі тигля, м;

$$C = 0,15.$$

Підставивши значення в формулу (5.5), отримуємо:

$$\Delta\Phi = 0,9 \cdot 0,17 = 0,11 \text{ м.}$$

Розраховуємо внутрішній діаметр тигля за формулою:

$$D_1 = D_2 + 2\Delta\Phi + 2\Delta, \quad (5.6)$$

де  $D_1$  – внутрішній діаметр тигля, м;

$D_2$  – середній внутрішній діаметр тигля, м;

$\Delta\Phi$  – товщина футерівки в середньому перерізі тигля, м;

$\Delta$  – коефіцієнт,  $\Delta = 0,008 \text{ мм.}$

Підставивши значення в формулу (5.6), отримуємо:

$$D_1 = 0,67 + 2 \cdot 0,11 + 2 \cdot 0,008 = 0,9 \text{ м;}$$

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 6.1 Організаційна частина

Частину питань щодо організації роботи в проектованому відділенні вирішують на основі даних попередніх розділів проекту. Наведемо обґрунтування необхідної чисельності робітників основного виробництва, обслуговуючих працівників та управлінського персоналу, а також розмір фондів їхньої заробітної плати, визначимо показники продуктивності праці.

#### 6.1.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників плавильного відділення

Методика розрахунків планової чисельності працівників окремих категорій визначається специфікою їхньої роботи та галузевими особливостями функціонування підприємства.

Загальну чисельність промислово-виробничого персоналу на плановий період встановлюємо як на аналогічному підприємстві.

Складемо баланс робочого часу середньооблікового працівника (табл. 6.1)

Таблиця 6.1 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
1	2
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	114
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	10
Номінальний фонд робочого часу, днів	241

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ						
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							
Разроб.		Синяк Я.В.			ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перев.		Нараєвський С.В.								62	
								КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затв.											

Продовження таблиці 6.1

1	2
Невиходи на роботу, днів. З них:	27
відпустки	20
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	1
прогули	1
цілодобові простої	0
страйки	0
Явочний робочий час, днів	214
Середня тривалість робочого дня, год	7,9
Внутрішньозмінні втрати робочого часу та простої, год	0,3
Робочі години	7,6
Ефективний фонд робочого часу за рік, год	1626

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100-k)}, \quad (6.1)$$

де  $k$  – плановий відсоток невиходів на роботу (за даними таблиці 6.1

$$k = \frac{27}{241} \cdot 100 = 11,2).$$

Підставивши розраховане значення у формулу (6.1), отримаємо:

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100-11,2)} = 1,126.$$

Чисельність допоміжних працівників також визначаємо за відомими аналогами.

Загальну чисельність робітників цеху, як основних, так і допоміжних, округлюємо до найближчого цілого числа.

Результати чисельності основних і допоміжних робітників (за робочими місцями) наведено в табл. 6.2.

Чисельність управлінського персоналу встановлюємо, виходячи з організаційної структури управління відділенням на аналогічному підприємстві.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 6.2 – Чисельність основних і допоміжних робітників відділення

Професія, спеціальність	Кваліфікацій- ний розряд	Явочна чисельність по змінах		Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а			
Основні робітники						
Плавильник	5	4	4	8	1,126	9
Заливальник	4	2	2	4	1,126	5
Разом		7	7	12		14
Допоміжні працівники						
Наладчик	6	1	1	2	1,126	3
Черговий слюсар-електрик	5	2	1	3	1,126	4
Слюсар по ремонту плав. устаткування	5	1	1	2	1,126	3
Крановик	4	1	1	2	1,126	3
Вантажник	2	2	2	4	1,126	5
Разом		7	6	13		18
Усього робітників		14	13	25		32

### 6.1.2 Визначення фондів заробітної плати

Основним організаційно-правовим інструментом обґрунтування диференціації зарплати працівників підприємства різних форм господарчої діяльності є тарифно-посадова система, основні елементи якої: тарифно-кваліфікаційні довідники; кваліфікаційні довідники посад керівників, спеціалістів і службовців; тарифні сітки й ставки; схеми посадових окладів або єдина тарифна сітка.

Установлені в Україні параметри тарифної сітки наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Типова тарифна сітка робітників різногалузових підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,350	1,531	1,800	1,892	2,0
Зростання тарифних коефіцієнтів:								
абсолютне		0,088	0,116	0,146	0,181	0,269	0,092	0,108
відносне		8,8	10,7	12,1	13,4	1,7,6	5,1	5,7



Важливим елементом тарифної системи є тарифна ставка. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати. Згідно державного бюджету України на 2020 рік мінімальна заробітна плата становить: у місячному розмірі – 4723 грн, у погодинному розмірі – 28,31 грн<sup>1</sup>. Так, якщо на підприємстві тарифну ставку для першого розряду встановлено на рівні 28,31 грн, то ставка другого розряду становитиме  $28,31 \times 1,088 = 30,8$  грн, третього розряду  $28,31 \times 1,204 = 34,09$  грн і т. д.

Розрахунок фондів зарплати управлінського та обслуговуючого персоналу наведено у табл. 6.4, а основних і допоміжних робітників у табл. 6.5.

Таблиця 6.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу<sup>2</sup>

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Управлінський персонал			
Начальник дільниці	1	16000	192000
Майстер	1	14000	168000
Разом			360000
Спеціалісти			
Провідний інженер-технолог	1	15000	180000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)			
Прибиральниця	1	6000	72000
Усього по плавильному відділенню			612000

<sup>1</sup> Закон України «Про Державний бюджет України на 2020 рік» [Електронний ресурс] : Сайт Верховної Ради України. – Доступ до ресурсу : [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=66853](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=66853).

<sup>2</sup> Реальний розмір заробітних плат можна знайти на сайті пошуку роботи.

Work.ua [Електронний ресурс] : Сайт пошуку роботи work.ua. Доступ до ресурсу : <https://www.work.ua/>.

Таблиця 6.5 – Розрахунок фонду заробітної плати основних і допоміжних робітників<sup>3</sup>

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, тис. грн. (3×6)	Розрахунок додаткової заробітної плати, тис. грн					Загальний фонд заробітної плати, тис. грн. (7+12)
				Одного робітника	Усіх		Надбавки та доплати				Разом (8+9+10+11)	
							Премії (40% від основної заробіт- ної плати)	За роботу в особливих умовах (18%)	Оплата відпусток (12%)	Інші доплати та надбавки (12%)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основні (технологічні) робітники												
Плавильник	5	43,34	9	1626	14634	634,2	253,7	114,2	76,1	76,1	520,1	1154,3
Заливальник	4	38,22	5	1626	8130	310,7	124,3	55,9	37,3	37,3	254,8	565,5
Разом						944,9					774,9	1719,8
Допоміжні (обслуговуючі) робітники												
Наладчик	6	45,56	3	1626	4878	222,3	88,9	40,0	26,7	26,7	182,3	404,6
Черговий слюсар- електрик	5	43,34	4	1626	6504	281,9	112,8	50,7	33,8	33,8	231,1	513,0
Слюсар по ремонту плав. устаткування	5	43,34	3	1626	4878	211,4	84,6	38,1	25,4	25,4	173,5	384,9
Крановик	4	38,22	3	1626	4878	186,4	74,6	33,6	22,4	22,4	153,0	339,4
Вантажник	2	30,80	5	1626	8130	250,4	100,2	45,1	30,0	30,0	205,3	455,7
Разом						1142,4					945,2	2097,6
Усього по плавильному відділенню						2087,3						2817,4

### 6.1.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці, яка відображає ефективність роботи трудового колективу, розраховуємо як відношення річного обсягу виробництва до облікового складу всіх працівників відділення (робітників, управлінського персоналу та обслуговуючого персоналу).

Таким чином, продуктивність праці  $P$  – це річний обсяг продукції, виготовленої з розрахунку на одного працівника відділення:

$$P = \frac{G}{\sum \text{Ч}}, \quad (6.2)$$

де  $G$  – обсяг продукції, виготовленої дільницею за рік, т;

$\sum \text{Ч}$  – чисельність працівників усіх категорій (робітників, управлінського

<sup>3</sup> Розрахунки у стовпчиках 7 – 13 приведені у тис. грн. Розрахунки округлені до одного знака після коми (сотень гривень).

та обслуговуючого персоналу).

$$\Pi = \frac{28571,2}{36} = 793,6 \text{ т/рік}$$

Отже, продуктивність праці відділення дорівнює 793,6 тон виплавленого рідкого металу на рік на одного працівника відділення.

## 6.2 Економічна частина

### 6.2.1 Розрахунок капітальний вкладень

Капітальні вкладення у проєктований об'єкт складаються із капіталовкладень у основні засоби (виробничі будівлі та споруди, технологічне і допоміжне обладнання, підйомно-транспортувальні засоби, оснащення тощо), а також оборотних нормованих засобів (витрати на створення оборотних запасів матеріалів і сировини, змінного обладнання, запчастин, інструменту, незавершеного виробництва та ін.).

Розрахунок капіталовкладень в обладнання та підйомно-транспортувальні засоби наведено у табл. 6.6. Для розрахунку вартість транспортування обладнання, його монтажу і налагодження беремо у розмірі 10...25 % від його ціни, а саме 20 %.

Таблиця 6.6 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання<sup>4</sup>

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Усього, тис. грн
1	2	3	4	5	6
Основне технологічне устаткування					
ІСТ 2,5/1,75	2	2 800	5 600	1 120	6 720
ІСТ 6/3	3	3 320	9 960	1 992	11 952
Разом основне технологічне устаткування					18 672

<sup>4</sup> Реальні ціни на обладнання можна знайти за наступними посиланнями.

Найбільший маркетплейс України prom.ua [Електронний ресурс] : Сайт маркетплейсу prom.ua. – Доступ до ресурсу : <https://prom.ua/ua/>.

Бізнес портал Україна [Електронний ресурс] : Сайт Бізнес порталу all.biz. – Доступ до ресурсу : <https://ua.all.biz/uk/>.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

## Продовження таблиці 6.6

1	2	3	4	5	6
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Мостовий кран	1	450	450	90	540
Загалом по плавильному відділенню					19 212

Обсяг капіталовкладень у виробничі будівні та споруди визначають. Виходячи з площі цеху й усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій і промислових проводок (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт<sup>5</sup> та витрати на відділення

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м <sup>3</sup>	На відділення, тис. грн
1. Виробничі будівлі		
1.1. Одноповерхові (24×42)	3000	3 024,00
2. Водопостачання виробничих приміщень	30	30,24
3. Каналізація виробничих приміщень	30	30,24
4. Електропроводка виробничих приміщень	50	50,40
5. Вентиляція виробничих приміщень	80	80,64
6. Зовнішній благоустрій	50	50,40
7. Невраховані витрати	500	504,00
Всього		3 769,92

Безперервну виробничу діяльність відділення забезпечують оборотні засоби, мінімальна необхідна величина яких має назву нормативу оборотних засобів.

Найбільшим за розміром елементом (до 70 %) нормативу оборотних засобів є поточний запас матеріалів, який створюється для забезпечення процесу виробництва матеріальними ресурсами в період між двома черговими поставками. Середній поточний запас ( $Z_M$ ) визначається за формулою:

$$Z_M = M_d \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2}, \quad (6.3)$$

де  $M_d$  – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн;

<sup>5</sup> Реальні ціни на різні види будівельних робіт можна знайти за наступним посиланням.

Розцінки.com.ua [Електронний ресурс] : Сайт Розцінки України. – Доступ до ресурсу : [https://rascenki.com.ua/ua/city/kyiv/stroitelnye\\_raboty/](https://rascenki.com.ua/ua/city/kyiv/stroitelnye_raboty/).

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$T_{\text{пост}}$  – інтервал між поставками матеріалів у днях (приймається в межах 15...30 днів).

Таблиця 6.8 – Витрати річні на шихтові матеріали

№	Найменування матеріалів шихти	Усього, т	Ціна за 1 т, грн	Ціна матеріалів на річну програму, млн. грн
1	Сталевий брухт	17277,6	6 300	108,85
2	Чавун переробний	1628,1	9 500	15,47
3	Феросиліцій ФС45	334,3	25 000	8,36
4	Алюміній А88	60,8	32 000	1,95
Всього				134,63

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах розділених на 360 (де 360 – розрахункове число днів за рік):

$$M_d = \frac{134,63}{360} = 0,374 \text{ млн грн на добу,}$$

Середній поточний запас визначається за формулою (6.3):

$$Z_m = 0,374 \cdot \frac{20}{2} = 3,74 \text{ млн грн,}$$

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних засобів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) можна приймати на рівні 50 % від розрахованого нормативу поточних запасів.

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів ( $H_{\text{заг}}$ ) по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_m = 1,5 \cdot 3,74 = 5,61 \text{ млн грн.}$$

Після цього розраховуємо загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 6.9).

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Таблиця 6.9 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі:		
1.1. Виробничі	3 769,92	12,9
2. Устаткування		
2.1. Основне технологічне	18 672,00	64,1
2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне	540,00	3,7
3. Норматив оборотних засобів	5 610,00	19,3
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	28 591,92	100

## 6.2.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Для визначення планової собівартості продукції на підприємствах, як правило, складають планові та фактичні калькуляції. Перші розраховують за плановими нормами витрат, другі – за їх фактичним рівнем. Складання калькуляцій передбачає визначення об'єкта калькулювання, вибір калькуляційних одиниць, калькуляційних статей витрат та методики обчислення.

Об'єктом калькулювання є та продукція чи робота (послуга), собівартість якої розраховують. Головним об'єктом калькулювання є готова продукція, яку поставляють на ринок.

Проводячи розрахунки витрати групуємо за калькуляційними статтями, номенклатура яких залежить від особливостей виробництва. Установлюючи статті витрат, дотримуємось таких вимог:

- максимальну частку витрат, яку включають у собівартість, обчислюємо безпосередньо для окремих виробів;
- статті непрямих витрат формулюємо так, щоб їх можна було враховувати під час визначення вартості окремих виробів.

Типова номенклатура калькуляційних статей витрат для більшості підприємств різних галузей виглядає так:

- 1) сировина та матеріали (за вирахуванням зворотних відходів);
- 2) паливо та енергія на технологічні цілі;

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

- 3) основна заробітна плата технологічних робітників;
- 4) додаткова заробітна плата технологічних робітників;
- 5) єдиний соціальний внесок;
- 6) витрати на утримання та експлуатацію устаткування;
- 7) загальновиробничі витрати;
- 8) загальногосподарські витрати;
- 9) витрати на підготовку та освоєння виробництва;
- 10) позавиробничі витрати (на збут продукції, на маркетинг).

Сума перших семи статей становить цехову собівартість, дев'яти – виробничу собівартість, а усіх десяти статей – повну собівартість.

Під час калькулювання прямі витрати обчислюються безпосередньо на калькуляційну одиницю згідно з чинними нормами й цінами.

Стаття **«Сировина та матеріали»** містить витрати на сировину, основи та допоміжні матеріали, закуплені вироби і напівфабрикати, тобто витрати, які можна обчислити безпосередньо на одиницю продукції на підставі витратних норм і цін.

Планові витрати основних і допоміжних (технологічних) матеріалів визначаємо на основі даних матеріального балансу, а ціни на них скориставшись інформаційними сайтами, про які зазначено вище. Розрахунки оформлено у вигляді табл. 6.8.

Стаття **«Паливо та енергія на технологічні цілі»**. До цієї статті калькуляції відносять вартість річних затрат технологічних енергоносіїв: електроенергії, природного газу, пари, стиснутого повітря, гарячої води та ін. носіїв енергії. Суму витрат обчислюємо у відповідності до норм витрат певних видів енергоресурсів і діючих тарифів та цін.

У 4 розділі розрахована річна кількість затрат технологічних енергоносіїв і вона становить 2 201 745 кВт·год. ПРАТ "Київ-обленерго": 610,08 грн за 1 МВт·год. Тоді загальні грошові витрати  $2201,745 \cdot 610,08 = 1\,343\,240,6$  грн.

Стаття **«Основна заробітна плата технологічних робітників»** містить витрати на оплату праці робітників, безпосередньо зайнятих виготовленням

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

основної продукції. Це основні (технологічні) робітники, а фонд їхньої заробітної плати наведено у табл. 6.5.

Стаття **«Додаткова заробітна плата технологічних робітників»** обчислюється у відсотках від основної заробітної плати технологічних робітників (табл. 6.5).

Стаття **«Єдиний соціальний внесок» (ЄСВ)** – це обов’язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2016 р. ставка ЄСВ складає 22 %. Базою для нарахування ЄСВ слугує загальний фонд заробітної плати по відділенню.

Стаття **«Утримання та експлуатація устаткування»** є комплексною й охоплює амортизаційні відрахування на повне відтворення виробничого устаткування, підйомно-транспортних засобів; витрати на проведення усіх видів ремонту та міжремонтного обслуговування.

Норматив витрат на цю статтю встановлюється кожним підприємством у відсотках до статті «Основна заробітна плата технологічних робітників». Для підприємства металургії витрати приймаємо 150 %.

Стаття **«Загальновиробничі витрати»** також є комплексною. До неї належать наступні види витрати:

- амортизація основних засобів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення;
- витрати на управління виробництвом в межах виробничого об’єкта, що проектується (оплата праці апарату управління цеху чи дільниці з врахуванням єдиного соціального внеску, офісні витрати в межах цеху чи дільниці);
- витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів загальновиробничого призначення;
- витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
- витрати на освітлення, опалення, водопостачання виробничих приміщень;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища та ін.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



Загальновиробничі витрати встановлюють на рівні 100...120 % від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників». Приймаємо значення 100 % від основної заробітної плати.

Стаття **«Загальногосподарські витрати»** – це витрати на управління, виробниче і господарське обслуговування в межах цеху. У цю статтю додатково включаємо витрати на набір і підготовку персоналу, службові відрядження, обов’язкові платежі, плату за банківське обслуговування. Для підприємств металургії загальногосподарські витрати становлять 50–150 % від основної заробітної плати технологічних робітників. Приймаємо значення 100 % .

До статті **«Витрати на підготовку та освоєння виробництва»** належать такі види витрат:

- на підготовку та освоєння нової продукції;
- на освоєння нових технологічних процесів;
- на запуск у виробництво нових цехів, ділень і окремих агрегатів;
- на винахідництво і раціоналізацію та деякі інші.

Норматив вказаних витрат встановлюємо на рівні 40 % від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників».

Стаття **«Позавиробничі витрати»** включає витрати на реалізацію продукції підприємства:

- відшкодування вантажно-розвантажувальних, складських, пакувальних, транспортних і страхових витрат;
- маркетингові витрати (реклама, участь у виставках, дослідження ринку та ін.);
- витрати на гарантійний ремонт та гарантійне обслуговування;
- сплата експортного мита, митних зборів тощо.

Величину витрат по цій статті визначаємо у відсотках до виробничої собівартості (сума 9-ти перших статей калькуляції). Вони становлять близько 5...10 %. Приймаємо значення 7 % від перших дев’яти статей калькуляцій.

На основі виконаних розрахунків складається планова калькуляція собівартості продукції (табл. 6.10).

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Таблиця 6.10 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Витрати на річну програму, тис. грн	Примітки
1. Сировина та матеріали (шихтові матеріали)	134 630,0	
2. Паливо та енергія на технологічні цілі	1 343,2	
3. Основна заробітна плата технологічних робітників	944,9	з табл. 6.5
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників	774,9	з табл. 6.5
5. Єдиний соціальний внесок	378,4	22% від (3+4)
6. Утримання та експлуатація устаткування	1 417,4	3 · 1,5
7. Загальновиробничі витрати	944,9	100% від 3
8. Загальногосподарські витрати	944,9	100% від 3
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва	378,0	40% від 3
Виробнича собівартість річної програми	140 413,4	Сума 1-9
10. Позавиробничі витрати	9 828,9	7% від 1-9
Повна собівартість річної програми	150 242,3	Сума 10 і 9

Повну собівартість одиниці продукції ( $C_{\Pi}$ ) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ( $C_{\Pi}^{\text{річ}}$ ) до річного програми випуску продукції цеху:

$$C_{\Pi} = \frac{C_{\Pi}^{\text{річ}}}{G}, \quad (6.4)$$

де  $G$  – річна програма випуску продукції.

$$C_{\Pi} = \frac{150\,242\,300}{22969} = 6\,541 \text{ грн за 1 виріб.}$$

### 6.2.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Порівняння спроектованого відділення, як правило, здійснюють із об'єктом, де виробляється аналогічна продукція, за такими показниками:

– трудомісткість продукції;

- капіталомісткість (фондомісткість) продукції;
- період окупності капітальних витрат.

Технологічну трудомісткість ( $t$ ) у нормо-годинах можна розрахувати за формулою:

$$t = \frac{\text{Ч}_{\text{ос}} \cdot \Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}}{G}, \quad (6.5)$$

де  $\text{Ч}_{\text{ос}}$  – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;

$\Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}$  – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік,

год.;

$G$  – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = \frac{14 \cdot 1626}{22969} = 0,99 \text{ нормо-год/шт.}$$

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції ( $K_G$ ) визначається як відношення загальних капітальних витрат ( $K_{\text{заг}}$ ) у будівництво чи реконструкцію відділення або на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції:

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G}, \quad (6.6)$$

$$K_G = \frac{28591920}{22969} = 1268 \text{ грн на одиницю продукції.}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ( $\Pi_{\text{ок}}$ ), який має критеріальний характер:

$$\Pi_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\Gamma \Pi_{\text{р}}} < \Pi_{\text{ок}}^{\text{н}}, \quad (6.7)$$

де  $\Gamma \Pi_{\text{р}}$  – річна сума грошового потоку, грн;

$\Pi_{\text{ок}}^{\text{н}}$  – нормативний період окупності, років.

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого об'єкту:

$$\Gamma \Pi_{\text{р}} = 0,82 \cdot (\text{Ц} - \text{C}_{\text{п}}) \cdot G + \sum A, \quad (6.8)$$

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Ц – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

$C_{\text{п}}$  – повна собівартість одиниці продукції, грн;

$\sum A$  – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних засобів по 16-ом групам та передбаченого мінімального терміну їхньої експлуатації (табл. 6.11).

Таблиця 6.11 – Групи основних засобів та мінімальні терміни їхньої експлуатації для плавильного відділення

Групи	Мінімально допустимі строки корисного використання, років	Річна норма амортизації, %
група 4 – машини та обладнання	5	20
група 5 – транспортні засоби	5	20

Нормативний період окупності капітальних вкладень у створення нових чи реконструкцію існуючих відділень, вкладень на технічне переобладнання виробництва приймається у межах 5...7 років.

$$\text{ГП}_p = 0,82 \cdot (25 - 6,541) \cdot 22969 + 0,2 \cdot (2 \cdot 2\,800 + 3 \cdot 3\,320 + 450) = 347\,667 + 3202 = 350\,869 \text{ тис.грн.}$$

$$\text{П}_{\text{ок}} = \frac{28591920}{350\,869\,000} = 0,08 < \text{П}_{\text{ок}}^{\text{н}}.$$

Так як для отримання виробу не достатньо виплавити метал, а необхідно ще інші відділення та відповідне обладнання, тому нормально те, що період окупності капітальних вкладів даного відділення менше року.

Основні техніко-економічні показники наведені у таблиці 6.12.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.12 – Порівняльні техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показників	Одиниця виміру	Спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції ( $G$ )	т, шт	17000 т, 22969 шт.
2. Загальна площа відділення	м <sup>2</sup>	1008
3. Виробнича площа відділення	м <sup>2</sup>	250
4. Капіталомісткість продукції ( $K_G$ )	$\frac{\text{грн}}{\text{т}}$ ( $\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$ )	1714 $\frac{\text{грн}}{\text{т}}$ , 1268 $\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$
5. Загальна чисельність у тому числі: основний (технологічний) персонал допоміжний (технологічний) персонал управлінський та обслуговуючий персонал	осіб	14 18 4
6. Загальний річний фонд заробітної плати	грн	3 429 400
7. Середньомісячна заробітна плата одного працівника	грн	7 938
8. Річний виробіток на одного працівника (продуктивність праці)	$\frac{\text{т}}{\text{особу}}$ ( $\frac{\text{шт}}{\text{особу}}$ )	472 $\frac{\text{т}}{\text{особу}}$ , 638 $\frac{\text{шт}}{\text{особу}}$
9. Технологічна трудомісткість продукції ( $t$ )	$\frac{\text{нормо} - \text{годин}}{\text{т (шт)}}$	1,34 $\frac{\text{нормо} - \text{год}}{\text{т}}$ , 0,99 $\frac{\text{нормо} - \text{год}}{\text{шт}}$
10. Виробнича собівартість одиниці продукції	$\frac{\text{грн}}{\text{т (шт)}}$	6 541 $\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$
7. Період окупності ( $\Pi_{\text{ок}}$ )	років	0,08

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Завдання з дипломного проекту має наступну тему: «Технологічний процес виготовлення виливка «Плита» та організація роботи плавильного відділення цеху великовантажних автомобілів». На даному етапі роботи розглядаються основні положення охорони праці та безпеки при роботі в плавильному відділенні ливарного цеху.

Метою даного розділу є виявлення та оцінка потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, що створюються під час плавлення металу, та заходи їх усунення, оскільки найбільша кількість небезпек може виникати в процесі плавлення, розливання та переміщення металу з печі.

За статтею 15, коли чисельність підприємства складає до 50 чоловік, функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві передбачені заходи, що забезпечують:

- метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень та мікроклімат – відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99 затвердженими Міністерством охорони здоров'я України;

- вміст пилу та газу в повітрі робочої зони по ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007;

- рівні шуму на робочих місцях по ДСТУ 2867-94 і відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.037-99.

Категорія робіт на ділянках і відділеннях по енерговитратах (ДСТУ Б EN 15241:2015) відноситься:

- важка фізична (ІІІ);

- фізична середньої тяжкості (ІІа і ІІб).

Технологічні процеси переплавки і розливу металу відносяться до

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Синяк Я.В.			ОХОРОНА ПРАЦІ		Літ.	Аркуш
Перев.		Демчук Г.В.						Аркуші
							78	94
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ	
Затв.								

виробництва, діяльність якого пов'язана із застосуванням сировинних матеріалів тих, що виділяють шкідливі речовини в умовах виробництва.

Готова продукція – виливки зі сталі не токсичні, в обігу безпечні.

## 7.1 Загальна характеристика умов праці у плавильному відділенні

Параметри приміщення наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри приміщення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	24000мм×42000мм×10000мм; S=1008 м <sup>2</sup> ; V=10080 м <sup>3</sup>	1
2	Кількість працівників	Працівники плавильного відділення	36
3	Природне освітлення	Вікно металопластикове Salamander 3000мм×2000мм	8
4	Штучне освітлення	Люмінісцентна лампа низького тиску ЛБ-80 (80 Вт, 5200 Лм)	12

Обладнання і оснащення приміщення наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Обладнання і оснащення приміщення

№ п/п	Назва	Характеристики	Кількість	Номер на рисунку
1	Індукційна сталеплавильна тигельна піч ІСТ 2,5/1,75	- розміри 2100мм×2100мм×1900мм; - місткість 2,5 т; - потужність 1500 кВт; - напруга 380 В, 500 Гц; - температура 1700 °С.	2	1
2	Індукційна сталеплавильна тигельна піч ІСТ 6/3	- розміри 2600мм×2600мм×2100мм; - місткість 6 т; - потужність 2500 кВт; - напруга 380 В, 500 Гц; - температура 1700 °С.	3	2
3	Мостовий кран	- місткість 5 т; - ширина 24 м.	1	3

План та розміри обладнання приміщення реєстратури зображено на рисунку 7.1.

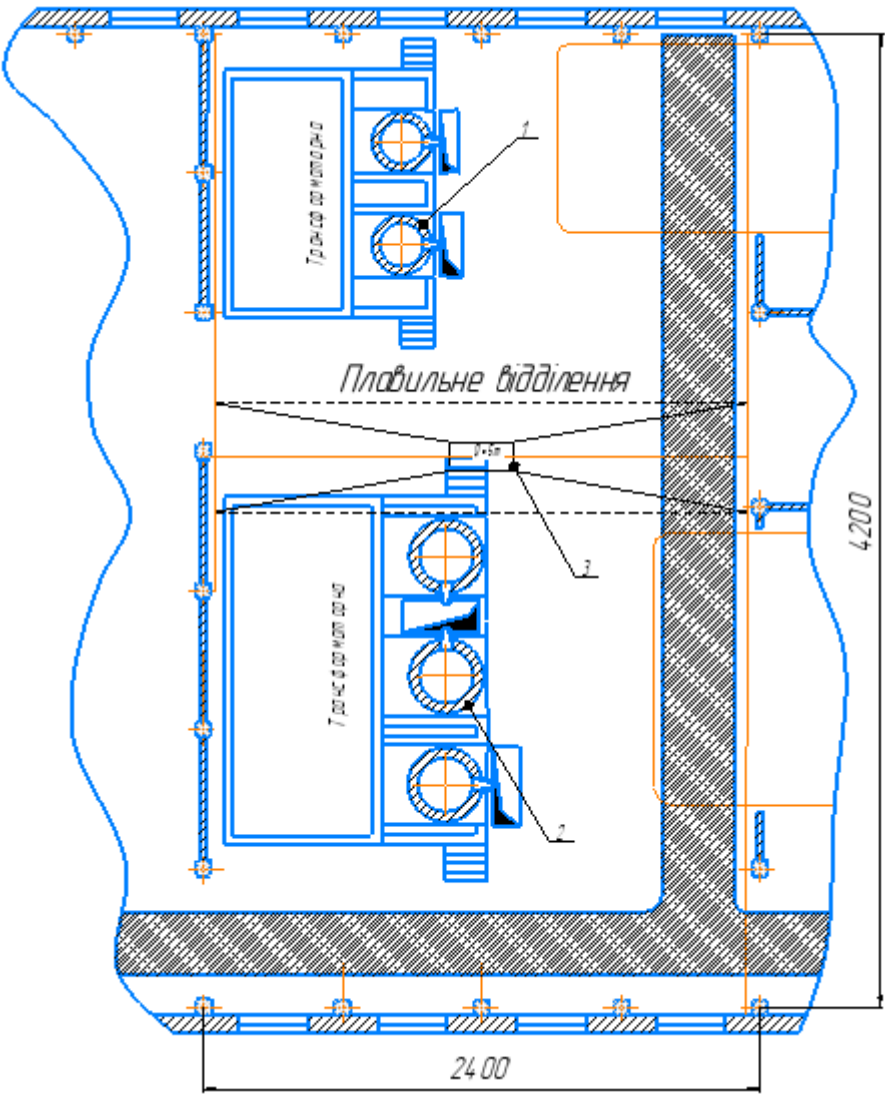


Рисунок 7.1 – План плавильного відділення

7.2 Відповідність вимогам об’єму і площі на одного працівника та розташування технологічного обладнання

Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання наведено в таблиці 7.3.



Таблиця 7.3 – Порівняння реальних та нормативних характеристик

Параметри	Нормативне значення	Реальне значення
Площа на 1 працівника, м <sup>2</sup>	4,5	18
Об'єм на 1 працівника, м <sup>3</sup>	15	180
Мінімальна ширина проходу, м	1,5	4

## 7.3 Оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів

Визначено небезпечні і шкідливі виробничі фактори в плавильному відділенні, що дозволять виявити небезпеки та розробити заходи по покращенню (нормалізації) умов праці (табл.7.4).

Таблиця 7.4 – Основні небезпечні та шкідливі фактори

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори										Небезпечні виробничі фактори			
	Шкідливі речовини	Випромінювання в оптичному діапазоні			Електромагнітні поля	Магнітні поля	Іонізуючі випромінювання	Шум	Ультразвук	Статичне навантаження на руку	Електричний струм	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	Механізми і вироби, що рухаються	Системи, які знаходяться під тиском,
		Ультрафіолетове	Видиме	Інфрачервоне										
Індукційне плавлення	хх	х	х	хх	х	-	-	х	-	-	хх	х	х	-

Примітки: хх – інтенсивний фактор; х – помірний фактор; (-) – незначний фактор чи його відсутність

## 7.3.1 Мікроклімат плавильного відділення

Всі джерела небезпеки, реальні та нормативні фактори записуємо в таблиці 7.5 та 7.6.

Таблиця 7.5 – Джерела небезпеки

Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
Індукційна тигельна піч ІСТ	сталь, тигель, ніхромово спіраль	розплав сталі, нагрівання тиглю, нагріті поверхні обладнання та матеріалів	опіки, гіпертермія

Таблиця 7.6 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, які створюються у технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Нагріті поверхні обладнання, матеріалів	1000 °С, 1650 °С	60 °С
2	Температура повітря	10...14 °С взимку, 24...26 °С влітку	16...18 °С взимку, 18...20 °С влітку
3	Вологість	40% взимку, 60% влітку	40...60%
4	Інфрачервоне випромінювання (інтенсивність теплового потоку)	105,0 Вт/м <sup>2</sup>	35,0 Вт/м <sup>2</sup>

Рівень мікроклімату та інфрачервоне випромінювання вище норми. Для їх покращення в приміщенні були наведені засоби та заходи в таблиці 7.7.

Таблиця 7.7 – Заходи та засоби захисту від теплового та інфрачервоного випромінювання

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	екранування джерел теплового випромінювання та інфрачервоного випромінювання	Для захисту від опіків та гіпертермії
2	Організаційні заходи	встановити спеціальні установки з безкоштовною газованою підсоленою водою	Для забезпечення водного балансу
3	ЗІЗ	<div> <div>спецодяг</div> <div>ЗІЗ для захисту голови</div> <div>захисні окуляри</div> <div>спецвзуття</div> <div>рукавички</div> </div>	Для уникнення можливих опіків

### 7.3.2 Аналіз джерел ураження електричним струмом

Електричні фактори небезпеки та засоби захисту від електроураження наведено в таблицях 7.8 – 7.10.

Таблиця 7.8 – Джерела небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Індукційна плавильна піч ICT	Металоконструкція корпусу	Струмопровідна підлога, висока температура, дотик без ЗІЗ.	Ураження струмом

Дані про споживання напруги наведено у табл. 7.9.

Таблиця 7.9 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальний струм	>1 А	0,25 А
		380 В	45 В

Для зниження ймовірності настання небезпечної ситуації, необхідно дотримуватись заходів безпеки, які наведені в таблиці 7.10.

Таблиця 7.10 – Засоби захисту від електротравм

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	2	3	4
1	Технічні	- захисні заземлення (наземні комунікації); - захисне розділення електромереж;	Уникнення пробою, витоків струму уникнення контакту зі струмопровідними частинами
2	Організаційні	- інструктаж з правил електробезпеки; - підтримка сухого, незапиленого приміщення з вологістю не вище 75%	Доступність знань щодо безпеки експлуатації

## Продовження таблиці 7.10

1	2	3	4
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
4	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом
5	Засоби індивідуального захисту	Електро-захисні засоби	Забезпечення безпечної роботи з обладнанням

Виявлена наявність електронебезпеки, яка може проявлятися у вигляді витоку струму з електромережі та надання травм організму при контакті з джерелом небезпеки.

## 7.3.3 Хімічні фактори

У таблиці 7.11 представлені джерела хімічної небезпеки, причини та їх наслідки.

Таблиця 7.11 – Джерела небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідок
1	Індукційна тигельна піч ІСТ	Плавлення сталі	Вдихання пилу, газів (CO, аміак, Cl <sub>2</sub> , HF, ZnO)	Ризик виникнення ряду хвороб та алергій та можливість отруєння

Таблиця 7.12 – Нормативне і реальне значення хімічної небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Запилення, загазованість приміщення	0,8 мг/ м <sup>3</sup>	1 мг/ м <sup>3</sup>

Можливі заходи та їх реалізація представлених джерел небезпеки представлені в таблиці 7.13.

Таблиця 7.13 – Засоби захисту від шкідливих хімічних факторів

Заходи	Реалізація
Засоби індивідуального захисту	Маски для захисту органів дихання
Технічні заходи	Встановлення вентиляції: для осадження пилу – пиловловлювач, витяжні зонти, установки повітряного дозування

#### 7.4 Висновок до розділу

У даному розділі дипломної роботи розглянуто плавильне відділення, що розраховане на 36 співробітників, де відбувається виплавлення та транспортування металу, а також розглянуті норми та заходи з охорони праці й техніки безпеки.

Було здійснено аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, що створюються під час експлуатації технічного обладнання.

Приміщення не відповідає всім нормам по мікроклімату та запиленню приміщення, тому було запропоновано засоби та заходи від шкідливих факторів. Працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки.

Для поліпшення умов праці робітникам необхідно періодично надавати санітарно-гігієнічну перерву в процесі виробництва, скоротити тривалість робочого дня, надавати подовжену відпустку, у місцях відпочинку під час перерви встановити спеціальні установки з безкоштовною газованою підсоленою водою, що дещо полегшує стан організму в такому виробничому середовищі, забезпечити всіх засобами індивідуального захисту та спецодягом, тощо.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. Спроектовано цех великовантажних автомобілей на випуск 17000 тон литва за рік. Проаналізовано виробничу програму і розраховано фонди часу та режими роботи устаткування.

2. Розроблено плавильне відділення цеху та вибрано тип і кількість плавильних агрегатів на виробничу програму: ІСТ-2,5 для першого групового потоку до 10 кг та ІСТ-6 для другого групового потоку за масою більше 10 кг. Також розраховано кількість та тип ковшів: стопорні ковші місткістю 1 та 2 тони.

3. Розроблений технологічний процес виготовлення виливка «Плита» масою 86 кг, який може бути рекомендований як типовий при виробництві сталейних виливків.

4. Проведено економічні, енергетичні та організаційні розрахунки, які повністю забезпечують виробничий процес у плавильному відділенні та забезпечують можливість прибуткового виробництва.

5. Проведений аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів та визначені заходи з покращення екології і зниження негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Синяк Я.В.			ВИСНОВКИ		Літ.	Аркуш
Перев.		Ямшинський М.М.						Аркуші
							86	94
Н. Контр.		Федоров Г.Е.					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ	
Затв.								

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр».. Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво / Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропошнєв, М.М. Ямшинський. – К.: «Політехніка», 2011. – 67с.
2. Аксёнов П.Н. Оборудование литейных цехов: Учебник машиностроительных вузов/ под ред. П.Н. Аксёнова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 510с.
3. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко [та ін.]. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 588 с.
4. Справочник сталей и сплавов/М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. – 672 с.
5. Формовочные материалы и технология литейной формы: Справочник / Под общей ред. С.С. Жуковского. – Машиностроение, 1993. – 432с.
6. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: Справочник /Под общей ред. С.С. Жуковского. – Машиностроение, 2010. – 256с.
7. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию: Справочник/ под ред. В.Я. Сафронова – М.: Машиностроение, 1985. – 320с.
8. [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=66853](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=66853).
9. <https://prom.ua/ua/>.
10. Розділ з охорони праці в дипломних роботах: Рекомендації до виконання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей 132 «Матеріалознавство» та 136 «Металургія» / КПІ

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ						
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							
Разроб.		Синяк Я.В.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перев.		Ямшинський М.М.								87	94
								КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затв.											

ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.Г. Левченко, Г.В. Демчук. – Електронні  
текстові дані (1 файл: 90,9 Кбайт). – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. –  
16 с.

					ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ДОДАТКИ

					ФЛП71.7104.1110.0000 ПЗ								
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата									
Разроб.		Синяк Я.В.			ДОДАТКИ				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Переб.		Ямшинський М.М.									89	94	
Н. Контр.		Федоров Г.Е.							КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ				
Затв.													

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення			Найменування			Кількість	Примітка
						Документація				
A2			ФЛп71.7104.1110.0003 ДП			Модельна плита з моделлю				
						<u>Деталі</u>				
		1				Модельна плита			1	
		2				Модель верху			2	
		3				Модель шлаковловлювача			2	
		4				Модель стояка			1	
		5				Модель металоприймача			1	
		6				Модель живильника			8	
						<u>Стандартні вироби</u>				
		7				Болт М16х60 ГОСТ 20342-74			36	
		8				Штифт 16х60 ГОСТ 20340-74			12	
		9				Шайба 16Л ГОСТ 20342-74			36	
		10				Штир 8х30 ГОСТ 20339-74			1	

Формат	Зона	Поз.	Позначення			Найменування			Кількість	Примітка
						Документація				
A2			ФЛп71.7104.1110.0004 ДП			Форма в зборі				
A4			ФЛп71.7104.1110.0000 ПЗ			Пояснювальна записка				
						<u>Стандартні вироби</u>				
		1				Опока нижня ГОСТ 15000-69			1	
		2				Опока верхня ГОСТ 15000-69			1	
		3				Втулка центрувальна			2	
						ГОСТ 20126-76				
		4				Штир центрувальний			1	
						ГОСТ 22965-76				
		5				Штир напрямний			1	
						ГОСТ 22965-76				
		6				Втулка напрямна			2	
						ГОСТ 20126-76				
						<u>Інші вироби</u>				
		7				Стрижень			2	
		8				Ребро хрестовини			12	
						ФЛп71.7104.1110.0000. ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.		Підпис	Дата					
Розроб.	Синяк Я.В.					ФОРМА В СКЛАДЕНОМУ ВИГЛЯДІ		Літ.	Арк.	Арк.
Перевір.	Ямшинський М.М								92	94
								КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		
Н. контр.	Федоров Г.Є.									
Затверд.										

[illegible]

Власник документу:  
Ямшинський Михайло Михайлович

ID перевірки:  
1003887359

Дата перевірки:  
08.06.2020 22:30:24 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Library

Дата звіту:  
08.06.2020 22:31:34 EEST

ID користувача:  
76785

Назва документу: ДипломСиняк

ID файлу: 1003902482 Кількість сторінок: 99 Кількість слів: 16263 Кількість символів: 113068 Розмір файлу: 883.63 KB

## 12.7% Схожість

Найбільша схожість: 3.27% з джерело бібліотеки. ID файлу: 1000793761

Не знайдено жодних джерел з Інтернету

12.7% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту

1000

Page 101

## 0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

## 0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

## Підміна символів

Заміна символів

153